



**TUGAS AKHIR – TM145547**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
AUSTENISASI TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN  
IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN PROSES  
LAKU PANAS PADA BAJA KARBON AISI 1050**

Ismah Fawaiz  
NRP 2114 030 044

Dosen Pembimbing 1  
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017





TUGAS AKHIR  
TM 145547 (MN)

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
AUSTENISASI TEHADAP KEKERASAN, KEKUATAN  
IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN PROSES  
LAKU PANAS PADA BAJA KARBON AISI 1050**

ISMAH FAWAIZ  
NRP. 2114 030 044

Dosen Pembimbing  
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT  
TM 145547 (MN)

**ANALYSIS THE EFFECT OF AUSTENING  
TEMPERATUR VARIATION TO HARDNESS, IMPACT  
STRENGTH AND MICRO STRUCTURES WITH HEAT  
TREATMENT PROCESS OF CARBON STEEL AISI  
1050**

ISMAH FAWAIZ  
NRP. 2114 030 044

Counselor Lecturer 1  
Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.

DIPLOMA III STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Vocation  
Institute Technology of Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AUSTENISASI TEHADAP KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN PROSES LAKU PANAS PADA BAJA KARBON AISI 1050

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Bidang Studi Manufaktur  
pada  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

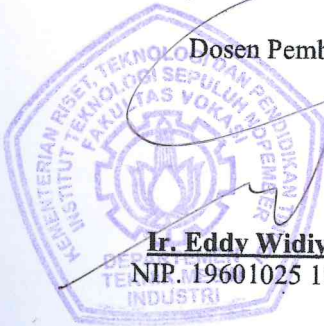
Oleh :

**ISMAH FAWAIZ**

NRP. 2114 030 044

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



**Ir. Eddy Widiyono, M.Sc**  
NIP. 19601025 198701 100 1

SURABAYA  
JULI, 2017

**ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR  
AUSTENISASI TERHADAP KEKERASAN,  
KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO  
DENGAN PROSES LAKU PANAS PADA BAJA  
KARBON AISI 1050**

**Nama Mahasiswa** : Ismah Fawaiz  
**NRP** : 2114 030 044  
**Jurusan** : D3 Teknik Mesin FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Eddy Widiyono, M.Sc

**Abstrak**

*Industri-industri pembuatan produk peralatan pertanian seperti pisau igrek dalam produksinya menggunakan perlakuan panas pada material. Oleh karena itu dilakukan penelitian terhadap baja AISI 1050 yang merupakan jenis karbon sedang untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur austenisasi terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro.*

*Pada penelitian ini dilakukan analisa pada baja AISI 1050. Metodologi penelitian yang digunakan meliputi pemotongan benda uji, uji laku panas dengan variasi temperatur 800°C, 850°C dan 900°C, pengujian kekerasan, pengujian kekuatan impak dan pengujian metallografi.*

*Dari hasil penelitian pada baja AISI 1050 yang didapat yaitu nilai kekerasan yang tertinggi pada temperatur 800°C sebesar 58 HRC dan nilai kekuatan impak yang tertinggi adalah pada temperatur 900°C sebesar 0,0643 (J/mm<sup>2</sup>). Kandungan martensit terbanyak pada temperatur 800°C. Semakin tinggi temperatur maka semakin berkurangnya nilai kekerasan suatu material dan semakin sedikit pula martensit yang terbentuk. Namun pada impak, semakin tinggi temperatur maka nilai kekuatan impak juga semakin naik yang menyebabkan material bersifat ulet.*

**Kata kunci:** *Uji Kekerasan, Uji Impact, Uji Metallografi*



**ANALYSIS THE EFFECT OF AUSTENING  
TEMPERATURE VARIATION TO HARDNESS,  
IMPACT STRENGTH AND MICRO STRUCTURES  
WITH HEAT TREATMENT PROCESS OF CARBON  
STEEL AISI 1050**

**Student Name : Ismah Fawaiz**  
**NRP : 2114 030 044**  
**Department : Mechanical Engineering D3 FV-ITS**  
**Advisor : Ir. Eddy Widiyono, M.Sc**

**Abstract**

*Manufacture industries of agricultural equipment such as igrek knives in their production use heat treatment in the material. Therefore a study of AISI 1050 steel which is a type of medium carbon to determine the effect of austenisation temperature variation on hardness, impact strength and micro structure.*

*In this research will be analyzed on carbon steel AISI 1050. The methodology used included are material cutting, hardening heat treatment test with temperatur variations 800°C, 850°C and 900°C then hardness test, impact strength test and metallographic test.*

*From the results of research on carbon steel AISI 1050 obtained the highest hardness value at temperature of 800°C is 58 HRC and the highest impact strength value at temperatur of 900°C is 0,0643 ( J/mm<sup>2</sup> ). The higher martensite is formed at temperatur of 800°C. The higher temperature then getting lower value of material hardness and also causes the less content of martensite which is formed. But at the impact, the higher temperature then the impact strength also getting up which causes the material to be tough.*

**Keywords: Hardness Test, Impact Strength Test  
Metallography Test**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-NYA, sehingga penyusunan tugas Akhir yang berjudul : **“ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AUSTENISASI TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN PROSES LAKU PANAS PADA BAJA KARBON AISI 1050”** dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin FV-ITS untuk bisa dinyatakan lulus.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapat selama menjalani perkuliahan di D3 Teknik Mesin. Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Eddy Widiyono, M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, saran dan masukan saat mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku dosen wali dan Kepala Program Studi D3 Teknik Mesin FV-ITS. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator Tugas Akhir.
4. Tim dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam rangka perbaikan tugas akhir ini.

5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan D3 Teknik Mesin FV-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
6. Orang tua tercinta dan adik saya yang selalu memberikan doa kesuksesan serta dukungan dalam bentuk apapun.
7. Teman-teman seperjuangan saya D3 Teknik Mesin seluruh angkatan dan khususnya angkatan 2K14 yang tidak henti-hentinya memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Seluruh keluarga BEM FTI-ITS Totalitas Berdedikasi yang telah memberikan dukungan yang tiada henti.
9. Seluruh keluarga EKSPRESI LKMM TM ITS 2017 yang selalu memberi saya pelajaran yang berharga.
10. Sahabat saya Septa Ria, Anastha Arie, Desanti , Talitha R, Gerry P, Faris H, I Made Gede Eris, Maydha, Dewi M, Shentia, Amanda serta keluarga boyo yang tak pernah lelah menemani, mendoakan dan memotivasi saya.
11. Teman-teman dari Laboraturium Metalurgi yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya D3 Teknik Mesin FV-ITS.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Baja Karbon .....	5
2.1.1 Baja Karbon AISI 1050 .....	6
2.1.2 Sifat Mekanik Material .....	7
2.1.3 Unsur Paduan Pada Baja .....	9
2.2 Pisau Igrek.....	10
2.3 Laku Panas .....	11
2.3.1 Laku Panas Kondisi Setimbang .....	13
2.3.2 Laku Panas Konsdisi Tidak Setimbang .....	14
2.3.3 Pengerasan ( <i>Hardening</i> ) .....	16
2.4 Uji Kekerasan.....	17
2.5 Uji Metallografi.....	20
2.5.1 Metode Perhitungan Uji Metallografi .....	21

2.5.1.1 Menghitung Presentase Tiap Microstructur .....	22
2.5.1.2 Menghitung Rata-rata Besar Butir .....	23
2.5.2 Macam-macam Struktur Mikro .....	24
2.6 Uji Impak.....	28
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>33</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2 Bahan.....	34
3.3 Benda Uji.....	35
3.3.1 Benda Uji Kekerasan .....	35
3.3.2 Benda Uji Impak .....	36
3.3.3 Benda Uji Metallografi .....	36
3.4 Perlakuan Panas .....	37
3.4.1 <i>Hardening</i> .....	37
3.5 Peralatan dan Pengujian .....	38
3.5.1 Peralatan dan Uji Kekerasan .....	39
3.5.2 Peralatan dan Uji Impak .....	39
3.5.3 Peralatan dan Uji Metallografi .....	40
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Komposisi Kimia Baja .....	43
4.2 Hasil Uji Metallografi .....	44
4.2.1 Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal .....	44
4.2.2 Hasil Uji Metallografi <i>Hardening</i> .....	46
4.2.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Metallografi .....	47
4.3 Hasil Uji Kekerasan .....	50
4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal .....	51
4.3.2 Hasil Uji Kekerasan <i>Hardening</i> .....	51
4.3.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan .....	53
4.4 Hasil Uji Impak .....	56
4.4.1 Hasil Uji Impak Kondisi Awal .....	56
4.4.2 Hasil Uji Impak <i>Hardening</i> .....	58
4.4.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Impak .....	59
4.5 Pembahasan .....	62

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pisau Igrek .....	11
Gambar 2.2	Diagram Fe – Fe <sub>3</sub> C .....	13
Gambar 2.3	Daerah Temperatur Laku Panas .....	14
Gambar 2.4	Diagram CCT Pada Baja AISI 1050 .....	16
Gambar 2.5	Prinsip Kerja Rockwell .....	19
Gambar 2.6	Pantulan Sinar Pada <i>Metalograph Test</i> .....	21
Gambar 2.7	Garis Bantu Menghitung Presentase Struktur .....	22
Gambar 2.8	Garis Bantu Menghitung Besar Butir .....	23
Gambar 2.9	Hasil Metallografi Fasa Ferrite .....	24
Gambar 2.10	Hasil Metallografi Fasa Perlit.....	25
Gambar 2.11	Hasil Metallografi Fasa Austenit .....	25
Gambar 2.12	Hasil Metallografi Fasa Sementit .....	26
Gambar 2.13	Hasil Metallografi Fasa Bainit .....	27
Gambar 2.14	Hasil Metallografi Fasa Martensit .....	27
Gambar 2.15	Metode Pengujian Kekuatan Impak .....	29
Gambar 2.16	Hubungan antara Temperatur Kerja, Material dan Kekuatan Impak .....	30
Gambar 2.17	Kebutuhan Energi untuk Mematahkan .....	32
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Diagram .....	34
Gambar 3.2	Dimensi Benda Uji Kekerasan .....	35
Gambar 3.3	Dimensi Benda Uji Impak .....	36
Gambar 3.4	Pemasukan Benda Uji ke Oven .....	37
Gambar 3.5	Alat Uji Kekerasan Rockwell (HRC) .....	39
Gambar 3.6	Mesin Uji Impak Charpy .....	40
Gambar 3.7	Mikroskop Optik .....	41
Gambar 4.1	Diagram Batang Komposisi Kimia Baja Karbon AISI 1050 .....	43



Gambar 4.2	Diagram Batang Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal .....	45
Gambar 4.3	Diagram Batang Hasil Uji Metallografi <i>Hardening</i> .....	47
Gambar 4.4	Diagram Batang Nomor Besar Butir Struktur Mikro AISI 1050 Kondisi Awal dan <i>Hardening</i> .	49
Gambar 4.5	Material Uji Kekerasan Kondisi Awal.....	51
Gambar 4.6	(a) Material Uji Kekerasan Temperatur 800°C.....	52
	(b) Material Uji Kekerasan Temperatur 850°C.....	52
	(c) Material Uji Kekerasan Temperatur 900°C.....	52
Gambar 4.7	Diagram Batang Nilai Kekerasan Pada Kondisi Awal dan <i>Hardening</i> .....	54
Gambar 4.8	Material Uji Impak Kondisi Awal .....	57
Gambar 4.9	(a) Material Uji Impak Temperatur 800°C.....	58
	(b) Material Uji Impak Temperatur 850°C .....	58
	(c) Material Uji Impak Temperatur 900°C .....	58
Gambar 4.10	Diagram Batang Nilai Kekuatan Tarik Kondisi Awal dan <i>Hardening</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skala Uji dan Jenis Identor Kekerasan Rockwell ....	18
Tabel 3.1	Unsur Kimia Bahan .....	34
Tabel 3.2	Sifat Mekanik Bahan .....	35
Tabel 3.3	Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas .....	38
Tabel 3.4	Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas .....	38
Tabel 3.5	Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas .....	38
Tabel 4.1	Komposisi Kimia Baja AISI 1050 .....	43
Tabel 4.2	Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal .....	44
Tabel 4.3	Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal .....	45
Tabel 4.4	Hasil Uji Metallografi <i>Hardening</i> .....	46
Tabel 4.5	Nilai Besar Butir Struktur Mikro <i>Hardening</i> .....	47
Tabel 4.6	Nilai Uji Kekerasan Kondisi Awal.....	51
Tabel 4.7	Data Laku Panas Material <i>Hardening</i> .....	52
Tabel 4.8	Nilai Uji Kekerasan <i>Hardening</i> .....	53
Tabel 4.9	Data Pengujian Impak Material .....	56
Tabel 4.10	Nilai Uji Impak Kondisi Awal .....	57
Tabel 4.11	Data Pengujian Impak Material .....	58
Tabel 4.12	Nilai Uji Impak <i>Hardening</i> .....	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan jaman dan teknologi yang semakin pesat menyebabkan tak sedikit kalangan dari sektor industri yang menggunakan logam sebagai bahan baku produksinya. Baja karbon banyak digunakan terutama dalam pembuatan alat-alat perkakas, alat pertanian, kebutuhan rumah tangga serta komponen-komponen otomotif. Pada pengaplikasiannya, semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-regangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan serta sangat rentan mengalami kerusakan.

Perlakuan panas merupakan salah satu proses yang berperan dalam industri manufaktur dengan tujuan untuk proses maintenance maupun proses produksi. Proses perlakuan panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu.

Sifat mekanis memiliki peranan penting seiring dengan perkembangan jaman dalam hal kebutuhan produksi dan juga banyak terjadi rekayasa terhadap sifat mekanis serta struktur mikro suatu logam yang diproduksi. Baja AISI 1050 merupakan baja yang terlibat dalam pembuatan peralatan rumah tangga dan perkakas pertanian seperti pisau igrek, clurit dan cangkul yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan. Maka ketahanan terhadap tekanan dan kekerasan sangat diperlukan.

Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa pada baja karbon AISI 1050. Menggunakan metode perlakuan panas dengan membedakan variasi temperatur.

Tujuan dari dilakukannya variasi temperatur tersebut yaitu untuk mengetahui perbedaan sifat mekanik berupa kekerasan pada material, sehingga dapat diketahui nilai uji kekerasan, dan struktur mikro dengan simulasi *heat treatment* dan untuk pendinginannya menggunakan metode pendinginan cepat dimana logam dipanaskan sampai temperatur austenisasi tertentu, kemudian melakukan penahanan atau *holding time* pada temperatur austenisasi tersebut selama waktu tertentu, dan didinginkan dengan menggunakan air.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan adanya latar belakang yang mendorong penelitian ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang diinginkan, diantara rumusan tersebut adalah:

1. Bagaimana perubahan sifat mekanik material baja karbon AISI 1050 pada uji kekerasan dan uji Impak dari pengaruh variasi temperatur austenisasi.
2. Bagaimana struktur mikro material baja karbon AISI 1050 dengan variasi temperatur austenisasi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan penelitian ini, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Kondisi bahan diasumsikan homogen
2. Pengaruh lingkungan diabaikan
3. Laju temperatur selama pengeluaran spesimen dari dapur pemanas diabaikan
4. Pengaruh agitasi dan perubahan temperatur pada media pendingin diabaikan

5. Pembahasan dititik beratkan pada tingkat kekerasan, metallografi dan kekuatan impak

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Mengetahui kekerasan dan ketangguhan spesimen dari pengaruh tiga variasi temperatur austenisasi pada material baja karbon AISI 1050.
- 2 Mengetahui struktur mikro dan besar butir spesimen dengan tiga variasi temperatur austenisasi pada material baja AISI 1050.

#### **1.5 Manfaat**

Dari penelitian ini, diharapkan dapat membari manfaat dengan memberikan kontribusi dan pengetahuan pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh variasi temperatur austenisasi pada laku panas terhadap nilai kekerasan, nilai ketangguhan dan metallografi pada material baja karbon AISI 1050.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelas mengenai bagian – bagian penelitian ini, diantaranya:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan penelitian.

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk pembahasan dan penyelesaian penelitian ini.

- **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah pengerjaan berupa metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan menurut standart.

- **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Bab ini berisikan tentang pembahasan dan penganalisaan hasil pengujian diantaranya adalah pengujian kekerasan dan pengujian metalografi.

- **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran dalam penyusunan penelitian.

- **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal penelitian terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan penelitian ini.

- **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Baja Karbon**

Baja karbon merupakan paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan sedikit unsur tambahan berupa belerang, fosfor, mangan dan silikon.

Baja karbon mempunyai kandungan karbon maksimal sebesar 1,7%. Sifat baja karbon tergantung pada besarnya kadar karbon, semakin tinggi kadar karbonnya maka kekuatan dan kekerasannya akan semakin tinggi, karena itu baja ini dapat di kelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Berdasarkan kegunaannya ataupun kepentingan pabrikasi dan disesuaikan berdasarkan standar ASTM (*American Society for Testing and Material*) paduan besi (Fe) – karbon (C) merupakan unsur utama pembentuk baja. Disamping itu baja juga bisa mengandung unsur campuran lain yang disebut paduan, misalnya karbon (C), sulfur (S), posfor (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi.

Berdasarkan kandungan karbonnya baja terbagi menjadi menjadi tiga macam, yaitu :

1) *Low carbon steel* ( $C < 0,3\%$ )

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3%C sehingga bukan tergolong baja yang keras. Baja karbon rendah mempunyai kemungkinan kecil untuk dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

2) *Medium carbon steel* ( $0,3 < 0,6\%$ )

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,3%C – 0,6%C sehingga mempunyai kemungkinan untuk dapat

dilakukan pengerasan dengan menggunakan perlakuan panas yang sesuai.

3) *High carbon steel* (0,6 – 1,7%C)

Baja karbon tinggi (*High carbon steel*) mempunyai kandungan karbon sebanyak 0,6%C – 1,7%C sehingga memiliki sifat mekanik yang tinggi namun keuletannya rendah. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan menggunakan laku panas tidak terlalu berpengaruh dikarenakan banyak terdapat martensit yang membuat baja akan semakin getas

### **2.1.1 Baja Karbon AISI 1050**

Baja AISI 1050 merupakan baja karbon sedang dengan kandungan karbon berkisar 0,48 - 0,55 % dan termasuk golongan baja karbon menengah. Baja ini banyak digunakan di pasaran karena memiliki banyak keunggulan salah satunya adalah pada komponen automotif sebagai contoh untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja ini memiliki karakteristik : sifat mampu mesin yang baik (*machinability*), wear resistance-nya (keausan) baik dan sifat mekaniknya menengah. Baja AISI 1050 disebut baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang telah dikeluarkan oleh AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Pada angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan *plain carbon* kemudian kode xx setelah angka menunjukkan komposisi karbonnya. Jadi AISI menunjukkan baja karbon yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,5 %.



Pada aplikasinya baja ini harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat gesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat gesekan. Pada umumnya ketahanan aus ini berbanding lurus dengan kekerasan [Avner, 1974]

### **2.1.2 Sifat Mekanik Material**

Sifat mekanik material adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material atau komponen untuk menerima beban, gaya dan energy tanpa menimbulkan kerusakan pada material atau komponen tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting dan terdapat dalam suatu bahan adalah sebagai berikut :

a. Kekuatan (*Strenght*)

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.

b. Kekakuan (*stiffness*)

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi.

c. Kekenyalan (*elasticity*)

Merupakan kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan atau dengan kata lain kemampuan

material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami perubahan bentuk (*deformasi*).

d. Plastisitas (*plasticity*)

Merupakan kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (*deformasi palstis*) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).

e. Keuletan (*ductility*)

Merupakan kemampuan sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet (*ductile*) ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dll

f. Ketangguhan (*toughness*)

Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

g. Kegetasan (*brittleness*)

Merupakan kemampuan sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent. Material yang getas atau rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi

keregangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

h. Kelelahan (*fatigue*)

Merupakan kemampuan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastisnya.

i. Melar (*creep*)

Merupakan kemampuan kecenderungan suatu logam untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (*deformasi plastik*) bila pembebanan yang besarnya relative tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

j. Kekerasan (*hardness*)

Merupakan kemampuan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

### 2.1.3 Unsur Paduan Pada Baja

Dalam baja karbon bukan hanya murni unsur karbon dalam baja tersebut namun selain besi dan karbon juga terdapat unsur lain tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak banyak berpengaruh terhadap sifatnya.

Unsur ikatan yang sedikit berpengaruh dan berasal dari besi/baja adalah sebagai berikut :

- Unsur Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan jumlah kandungan lebih dari 0.4 % yang mempunyai pengaruh kenaikan tegangan tarik dan menurunkan kecepatan pendinginan kritis (laju pendinginan minimal yang dapat menghasilkan 100% martensit)

- Unsur Mangan (Mn)

Mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai deoksidizer (pengikat  $O_2$ ) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Kadar Mn yang rendah dapat menurunkan kecepatan pendinginan kritis.

- Unsur Nikel (Ni)

Nikel memberikan pengaruh sama seperti dengan Mn yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendinginan kritis. Nikel membuat struktur butiran menjadi halus dan merubah keuletan.

- Unsur Krom (Cr)

Unsur krom berguna untuk meningkatkan kekuatan tarik dan keplastisan, membuat mampu keras, meningkatkan tahan korosi dan tahan terhadap suhu tinggi

- Unsur Sulfur (S)

Kandungan yang cukup dari unsur sulfur yang berkisar antara 0.15 – 0.3 % dapat dilakukan proses pemecinan tetapi dalam jumlah besar dapat menimbulkan kerapuhan.

## **2.2 Pisau Irek**

Pisau Irek merupakan alat pertanian yang digunakan pada panen kelapa sawit saat usia pohon kelapa sawit sudah berusia lebih dari 6 tahun dengan ketinggian rata-rata 3 meter. Perkakas tersebut berfungsi untuk memotong kelapa sawit dari

batang pohon kelapa sawit sehingga pisau Igrek perlu memiliki kekerasan yang tinggi pada sisi potong agar tajam untuk memotong batang kelapa sawit tanpa menyebabkan pisau Igrek mudah aus. Bahan yang digunakan untuk membuat peralatan pertanian pisau Igrek adalah baja karbon sedang.

Indonesia merupakan salah satu penghasil (produsen) minyak kelapa sawit terbesar di dunia sehingga peralatan panen ini sangat vital dalam hal penggunaannya sehingga keberadaannya menunjang proses kegiatan pemanenan buah kelapa sawit. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu pisau Igrek sebagai alat pemotong kelapa sawit memiliki kekerasan sisi potong minimal 45.3 HRC



**Gambar 2. 1 Pisau Igrek**

### **2.3 Laku Panas**

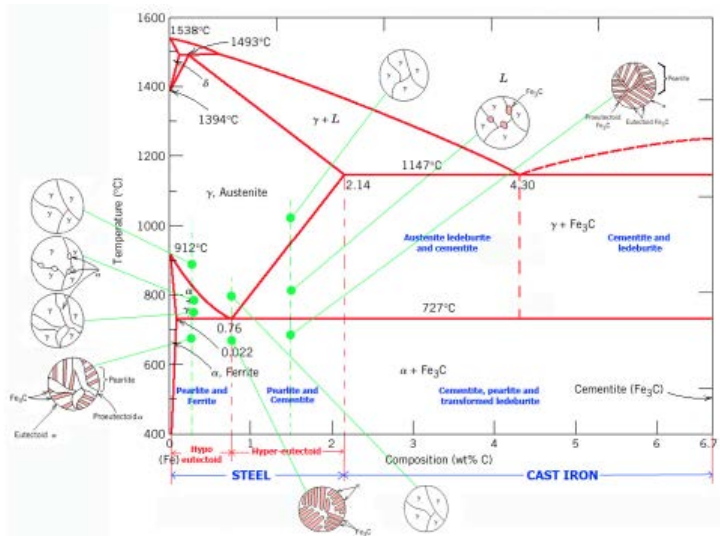
Proses laku panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Dari sini tampak bahwa proses laku panas dapat digunakan untuk melakukan manipulasi sifat mekanik sesuai dengan kebutuhan dan keperluan.

Baja adalah paduan yang banyak diproduksi atau digunakan dan juga paling sering diberikan laku panas dalam proses produksinya. Proses laku panas pada baja pada umumnya akan melibatkan transformasi atau dekomposisi austenit inilah yang akan menentukan sifat fisik dan mekanik baja yang mengalami proses laku panas.

Proses laku panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan dimulai dengan pemanasan sampai ketemperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu. Yang membedakan proses laku-panas dengan proses laku-panas yang lain adalah:

1. Tinggi temperatur pemanasan
2. Lamanya waktu penahanan
3. Laju pendinginan

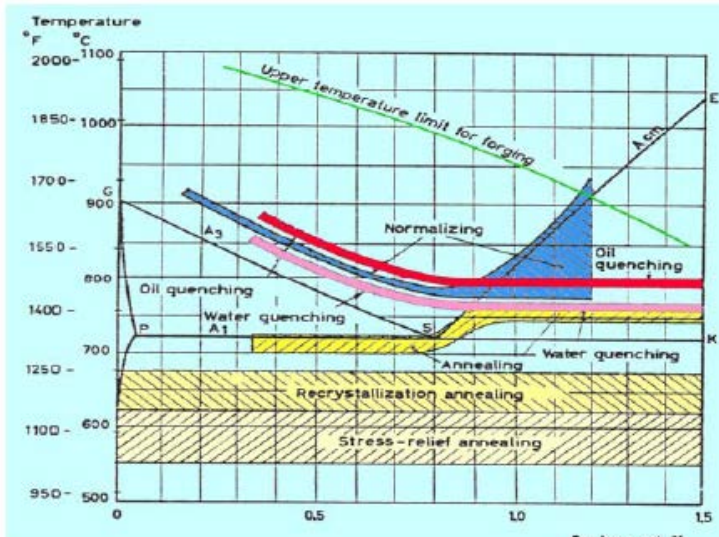
Selama pemanasan, yang biasa dilakukan hingga mencapai daerah austenit, baja akan mengalami transformasi fase, akan terbentuk austenit. Dengan memberikan waktu penahanan yang cukup akan memberikan kesempatan kepada atom-atom untuk berdiffusi menghomogenkan austenit yang baru terbentuk itu. Pada pendinginan kembali, austenit akan bertransformasi lagi dan struktur mikro yang terbentuk tergantung pada laju pendinginan. Dengan laju pendinginan yang berbeda akan terbentuk struktur mikro yang berbeda, tentunya sifat mekaniknya pun akan berbeda.



**Gambar 2. 2 Diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C**

### 2.3.1 Laku Panas Kondisi Setimbang

Laku panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan pada logam/paduan untuk memperoleh sifat tertentu. Salah satu dari laku panas tersebut dilakukan dengan kondisi setimbang atau paling tidak mendekati kondisi setimbang.



**Gambar 2. 3 Daerah temperatur laku panas**

### 2.3.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang

Proses Laku Panas yang dilakukan pada keadaan yang tidak setimbang. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan pendinginan cepat pada logam yang sudah dipanaskan sehingga tidak ada kesempatan bagi material yang sudah dipanaskan untuk mencapai kondisi yang setimbang karena waktu yang dibutuhkan untuk transformasi / dekomposisi tidak cukup.

1. Temperatur austenitising:

- a. Baja hypoeutektoid 25 – 50 °C di atas temperatur kritis atas  $A_3$
- b. Baja hypereutektoid 25 – 50 °C di atas temperatur kritis bawah  $A_1$



2. Waktu penahanan (holding time)

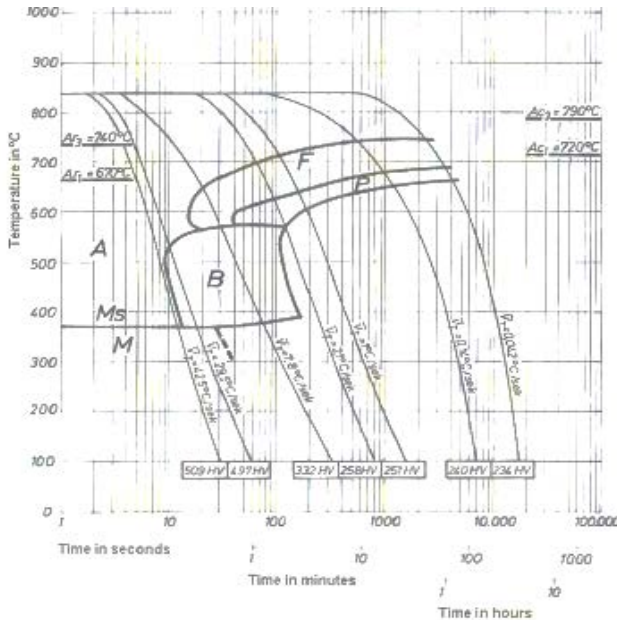
Agar austenit menjadi lebih homogen, maka perlu diberi kesempatan pada atom-atom untuk berdifusi.

3. Laju Pendinginan

Laju pendinginan tergantung beberapa faktor, yaitu:

- a. Jenis media pendinginnya
- b. Temperatur media pendingin
- c. Kuatnya sirkulasi

Laku panas kondisi tidak setimbang (Non-*Equilibrium Heat Treatment*) yang dilakukan adalah proses *Quenching*. Dilakukan dengan cara memberikan pendinginan cepat pada logam yang sudah dipanaskan hingga wilayah austenite sehingga tidak ada kesempatan bagi material untuk mencapai kondisi setimbang karena waktu yang dibutuhkan untuk bertransformasi / dekomposisi tidak cukup. Proses transformasinya dapat diperlihatkan pada diagram I-T.



**Gambar 2. 4 Diagram CCT Pada Baja AISI 1050**

### 2.3.3 Pengerasan (*Hardening*)

Pengerasan merupakan salah satu laku panas dengan kondisi non equilibrium, laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi non equilibrium, pendinginan yang sangat cepat sehingga struktur mikro yang diperoleh adalah struktur mikro yang tidak equilibrium, terutama bila diperlukan sifat tahan aus dari suatu bagian, maka sifat kekerasan akan sangat menentukan. Kekerasan baja memang juga tergantung pada komposisi kimianya, terutama pada kadar karbonnya, makin tinggi kadar karbon maka semakin keras tetapi kekerasan baja masih dapat diubah struktur mikronya sehingga proses laku panas akan memperoleh kekerasan yang tinggi untuk memperoleh

martensit yang tinggi, dengan demikian dinamakan sebagai proses pengerasan.

Setelah proses pengerasan kekerasan maksimum banyak tergantung pada kadar karbon yang dimiliki oleh baja, makin tinggi kadar karbonnya maka makin tinggi kekerasan yang akan dicapai. Pada baja dengan kadar karbon rendah kekerasan yang dihasilkan tidak akan maksimal setelah dilakukan pengerasan, oleh karena itu proses pengerasan yang paling tepat adalah yang mempunyai kadar karbon kurang dari 0.3%C. Makin tinggi kadar karbonnya makin tinggi juga kekerasannya (dibandingkan dengan kekerasan sebelum pengerasan) tetapi pada batas tertentu kenaikan kekerasan mulai menurun. Hal ini dapat terjadi karena kadar karbon (dalam austenit) yang makin tinggi akan mengakibatkan retained austenit yang banyak sehingga dapat mengurangi kenaikan kekerasan.

Pada suatu kondisi pemanasan belum tentu semua karbon dalam baja akan larut dalam austenit, tergantung pada ketinggian temperatur pemanasan. Karena itu kekerasan yang terjadi setelah proses pengerasan yang tergantung dari beberapa faktor yaitu tingginya temperatur austenite, terhomogennya austenite, laju pendinginan, kondisi permukaan benda kerja

## **2.4 Uji Kekerasan**

Pada pengujian kekerasan rockwell, angka kekerasan yang di peroleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada specimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode rockwell dapat digunakan dua bentuk indendtor, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan bentuk kerucut dari intan (

*diamond cone* ). Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indentor, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung pada mesin tanpa perlu perhitungan tambahan.

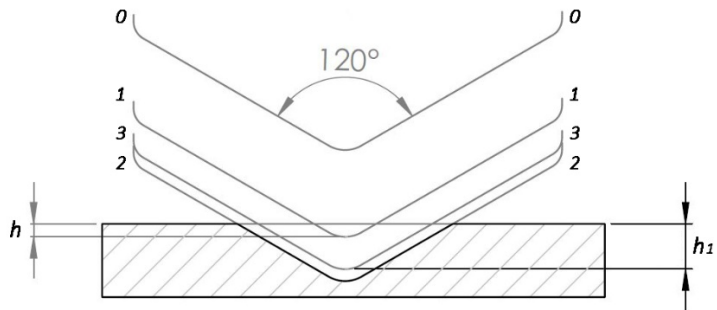
Prosedur pengujian kekerasan *Rockwell* dilakukan dengan melakukan indentasi dengan beban awal 10 kg (*Minor Weight*), yang menyebabkan kedalaman indentasi  $h_0$ , jarum penunjuk diset pada angka nol skala hitam, kemudian *Mayor Weight* diberikan.

**Tabel 2. 1 Skala Uji dan Jenis Indentor Kekerasan Rockwell**

Scale	Indentor	Mayor Weight (kgf)	Unit
B	Ball $\varnothing$ 1.588 mm	100	HRB
C	Diamond Cone 120°	150	HRC
A	Diamond Cone 120°	60	HRA

Skala B digunakan untuk mengukur logam-logam yang nilai kekerasannya rendah dan menengah, Skala C digunakan untuk mengukur kekerasan logam telah diberi perlakuan khusus, dan Skala A digunakan untuk mengukur logam yang kekerasannya melebihi 70 *Rockwell C* misalnya *Tungsten Carbide Alloy*.

Angka kekerasan *Rockwell* tidak bersatuan, tetapi didahului dengan satu huruf depan yang menyatakan kondisi pengujian. Walau nilai kekerasan *Rockwell* otomatis terbaca pada mesin, ada metode perhitungan yang dapat digunakan dengan memperhatikan kedalaman indentasi ( $h_1$ )



**Gambar 2. 5 Prinsip kerja Rockwell**

Keterangan :

0-0 Posisi sebelum indentasi

1-1 Penetrasi pada saat beban awal (minor)

2-2 Penetrasi pada pada saat beban penuh (mayor)

3-3 Penetrasi setelah beban mayor dilepas

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi dengan satu huruf depan seperti pada tabel 2.1 yang menyatakan kondisi pengujian. Angka skala pada mesin terdiri dari dua skala, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi 100 divisi, dimana setiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0,002 mm. Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi ( $h_1$ ) dapat ditulis sebagai berikut.

$$HR_B = 130 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0.002}$$

$$HR_C = 100 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0.002}$$

## **2.5 Uji Metalografi**

Ilmu logam secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu metalurgi dan metalography. Metalurgi yaitu ilmu yang mempelajari tentang perpaduan logam dengan unsur-unsur tertentu seperti titanium, copper, yang bertujuan untuk memperkuat atau dan menambah ketangguhan logam, yang digunakan untuk berbagai kebutuhan khusus seperti engine blok piston dll.

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optis dan mikroskop electron dengan perbesaran 50 – 3000 kali. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu.

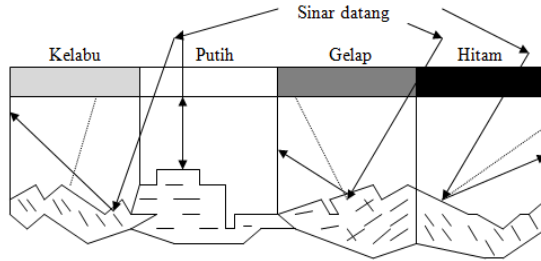
Pengujian metalography dibagi menjadi dua jenis yaitu pengujian makro dan pengujian mikro

### **1. Pengujian makro**

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu

### **2. Pengujian mikro**

Pengujian mikro bertujuan untuk melihat butiran struktur kristal dari logam yang diuji dengan menggunakan mikroskop mulai perbesaran 50-3000 kali, sehingga dapat diketahui sifat, dan struktur dari logam tersebut.



**Gambar 2. 6 Pantulan sinar pada *metalograph test***

Dalam visualisasi perbesaran menggunakan mikroskop menggunakan mikroskop cahaya yang dibantu dengan *Olympus Video* untuk mengambil gambar yang diinginkan, kemudian data gambar yang telah didapat ditransfer ke *Personal Computer*.

Analisa yang digunakan bertujuan mengetahui *Microstruktur* dari benda kerja dengan material baja, etsa yang digunakan adalah Nital campuran 98% Alkohol dan 2% Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ )

Dengan *Metallography Test* dan mengetahui struktur mikro suatu material, dapat langsung mengetahui sifat mekaniknya (secara kasar). Dalam menentukan struktur mikro suatu benda kerja dilakukan pendekatan kemiripan bentuk dan warna struktur mikro dari hasil foto *Metallography Test* dengan *Metallography Atlas*, di dalamnyaakan diperlihatkan foto struktu mikro *Ferrit*, *Pearlite*, *Austenit*, *Cemmentit*, *Ledeburite*, *Bainite*, dan *Martensite*

### **2.5.1 Metode Perhitungan Uji Metalografi**

Untuk memudahkan menentukan presentase struktur mikro diperlukan penggambaran garis bantu pada hasil foto *Metallography Test* baik untuk

perhitungan presentase tiap struktur mikro maupun perhitungan rata-rata besar butir.

### 2.5.1.1 Menghitung Presentase Tiap Microstruktur (ASTM E - 562)

Sebelumnya hasil foto *Metallography Test* dicrop dengan dimensi (100x100 mm). Rumus yang digunakan untuk menentukan presentase tiap struktur mikro, yaitu:

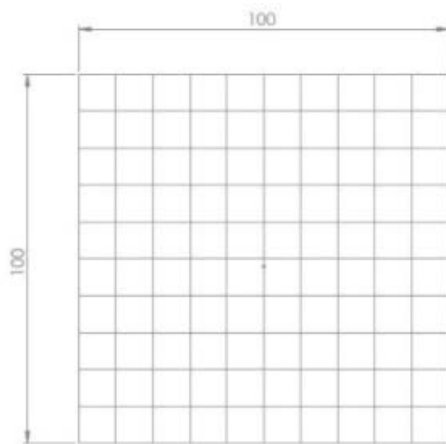
$$P_{Ms} ( ) = \frac{Q_{Ms} ( )}{Q_o} \times 100\%$$

Keterangan:

$P_{Ms} ( )$  : Presentase *Microstruktur* tertentu (%)

$Q_{Ms} ( )$  : Jumlah titik *Microstruktur* tertentu

$Q_o$  :Jumlah titik total

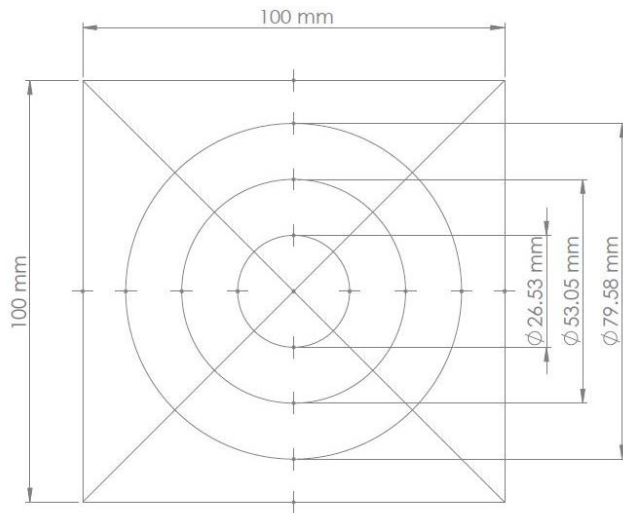


**Gambar 2. 7 Garis Bantu Menghitung Presentase Struktur**



### 2.5.1.2 Menghitung Rata-rata Besar Butir (ASTM E - 112)

Dengan mengetahui besar butir suatu struktur mikro kekerasan suatu material dapat ditentukan, benda kerja dengan ukuran struktur mikro yang kecil (jumlahnya banyak) akan lebih keras dibanding benda kerja dengan ukuran struktur mikro yang besar (jumlahnya sedikit). Perhitungan menggunakan Metode Perbandingan.



**Gambar 2. 8 Garis Bantu Menghitung Besar Butir**

Foto mikrostruktur bahan dengan perbesaran 100X dapat dibandingkan dengan grafik ASTM E112, dapat ditentukan besar butir. Sebelumnya hasil foto *Metallography Test* dithreshold. Penandaan batas butir

dapat hanya menggunakan 3 lingkaran ( $L_T=500mm$ ) maupun seluruh garis ( $L_T=1200mm$ ). Rumus yang digunakan untuk menentukan ukuran besar butir yaitu:

$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

Keterangan:

$G$  : *Grain Size Number*

$L_T$  : Total panjang garis yang terkena batas butir (mm)

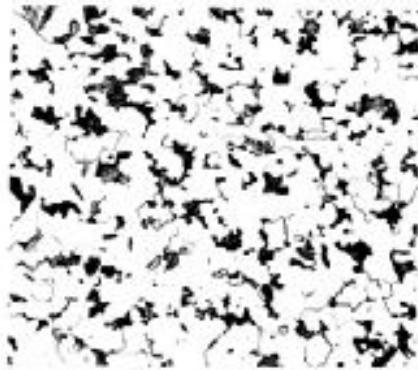
$N$  : Jumlah titik potong batas butir yang terkena garis

$M$  : Total perbesaran mikroskop

### 2.5.2 Macam-Macam Struktur Mikro

Berikut ini adalah penjelasan dari berbagai gambar struktur mikro yang terkandung dalam logam :

a. Ferrite

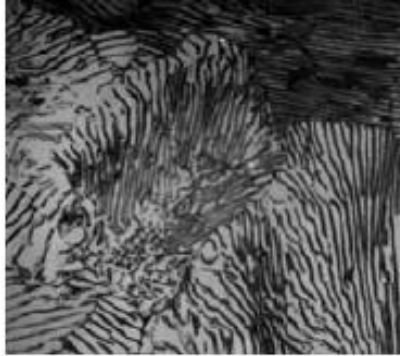


**Gambar 2. 9 Hasil metalografi fasa ferrite**

Ferrit yaitu larutan padatan interstisial karbon dalam besi  $\alpha$  dengan kadar karbon 0,025% pada suhu  $723^{\circ}C$  dan 0,008% di temperatur

kamar. Berbentuk butir-butir kristal yang padat. Berwarna putih terang. Sifat mekanis lunak dan ulet (kondisi annealing).

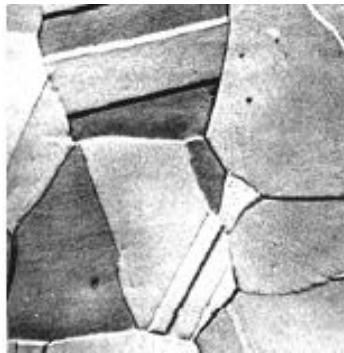
b. Pearlite



**Gambar 2. 10 Hasil metalografi perlit**

Pearlite yaitu suatu eutectoid mixture dari cementite dan ferrite terdiri dari lapisan alpha-ferrit (88%) dan cementite (12%) dengan kadar karbon 0,8%. Berbentuk pipih atau berlapis. Berwarna kehitaman. Sifat mekanis lunak.

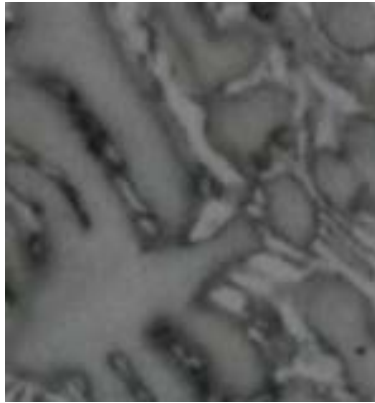
c. Austenite



**Gambar 2. 11 Hasil metalografi fasa austenite**

Austenite yaitu larutan padat interstisial karbon dalam besi  $\gamma$  dengan kadar karbon 2%. Berbentuk padatan seperti plat. Berwarna abu-abu terang. Sifat mekanis lunak dan ulet (kondisi besi murni).

d. Sementit



**Gambar 2. 12 Hasil metalografi fasa sementit**

Sementit yaitu karbida besi  $\text{Fe}_3\text{C}$  merupakan senyawa interstisial dengan kadar karbon 6,67%. Berbentuk jaringan (network). Sifat mekanis sangat keras dan getas.

e. Bainit



**Gambar 2. 13 Hasil metalografi bainit**

Bainite yaitu acicular mikro yang berbentuk pada baja pada suhu sekitar 250-550°C dengan kadar karbon  $<0,5\%$ . Berbentuk jarum-jarum acicular yang tidak sejajar satu sama lain. Berwarna abu-abu gelap. Sifat mekanis sangat keras dan getas. Terjadi karena adanya pendinginan cepat dan disertai penahanan temperature.

f. Martensite



**Gambar 2. 14 Hasil metalografi martensit**

Martensite yaitu struktur metastabil yang terbentuk karena proses pendinginan yang cepat atau sangat cepat pada temperatur austenitisasinya dengan kadar karbon  $>0,5\%$ . Berbentuk jarum-jarum pendek. Berwarna hitam pekat. Sifat mekanis sangat keras.

## 2.6 Uji Impact

Uji impak bisa diartikan sebagai suatu test yang mengukur toughness atau kekenyalan suatu material; yaitu kemampuan suatu material untuk menyerap energi sebelum terjadinya ke patahan.

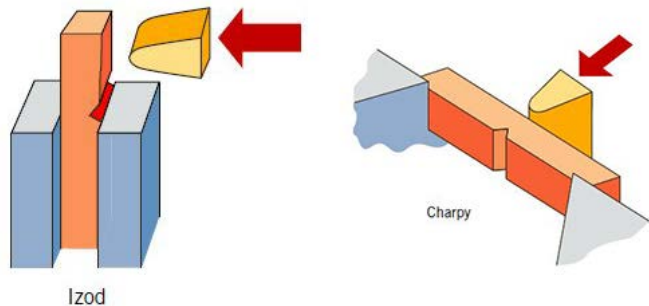
Pengujian ini berguna untuk melihat efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya takikan, bentuk takikan, temperatur, dan faktor lainnya. *Impact Test* bisa didefinisikan sebagai suatu pengujian yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban kejut dengan mengukur dari besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan benda kerja tersebut. Adapun *Impact Test* bertujuan untuk menentukan:

1. Ketahanan terhadap beban impak
2. Sensitivity dari bahan terhadap adanya takik (*notch*)
3. Analisa patahan (*Fracture Analysis*) dari benda kerja

Dalam hal ini energi didapat dari suatu bandul yang mempunyai ketinggian tertentu dan berayun memukul benda test, berkurangnya energi potensial dari bandul sebelum dan sesudah memukul benda uji merupakan energi yang dapat diserap oleh benda uji tersebut.

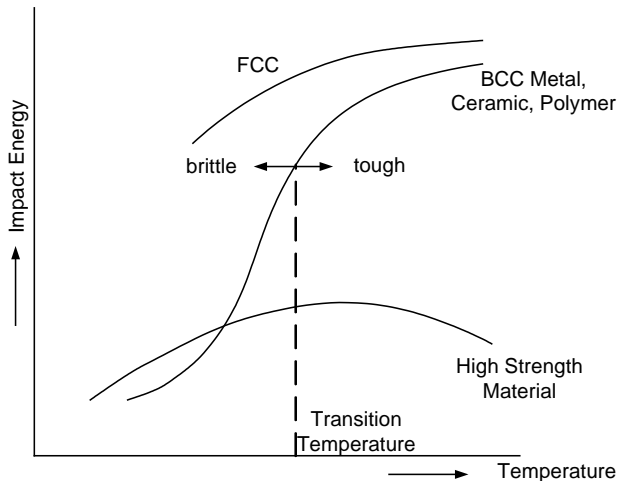
Berdasarkan penempatan benda kerjanya dan arah gayanya pengujian Impak terbagi menjadi dua yaitu *izod* dan *charpy*, benda kerja *izod* memiliki panjang lengan yang

bebeda (*Asimetri*), sedangkan benda kerja *charpy* memiliki panjang lengan yang sama (*Simetris*)



**Gambar 2. 15 Metode Pengujian kekuatan Impak**

Ketahanan suatu material menahan energi impak sangat dipengaruhi juga oleh temperatur. Efek dari temperatur terhadap kekuatan impak berbeda jenis material. FCC material dapat menahan energi impak yang relative tinggi, walaupun pada temperatur rendah. Sedangkan *high strength* material menunjukkan ketahanan. Impak yang rendah pada range temperatur yang luas. Kenaikan temperatur kerja akan meningkatkan kekuatan impact logam, sedangkan penurunan temperatur akan menurunkan kekuatannya. Apabila temperatur kerja dari suatu benda kerja berada dibawah temperatur transisi dari material yang digunakan, maka akan terbentuk *crack* hingga *fracture* yang dapat menyebabkan kerusakan pada benda kerja, sedangkan apabila temperatur kerja terlalu rendah namun masih diatas temperatur transisi dari material, *crack* tidak akan terbentuk.



**Gambar 2. 16 Hubungan antara Temperatur Kerja, Material, dan Kekuatan Impak**

Takik atau notch memegang peranan yang penting terhadap kekuatan Impak suatu material. Dua buah benda kerja yang mempunyai luas penampang, penahan beban yang sama bisa mempunyai kekuatan impak yang selalu jauh berbeda akibat perbedaan bentuk takik yang dimiliki. Adanya takikan pada benda kerja yang bisa berupa bentuk konfigurasi hasil desain, pengerjaan yang salah seperti diskontinuitas pada pengelasan, atau korosi lokal yang bisa bersifat sebagai pemusat tegangan (*stress concentration*). Adanya pusat pusat tegangan ini dapat menyebabkan Brittle material yang menjadi patah pada beban dibawah yield strength.

*Fracture* atau kepatahan pada suatu material bisa digolongkan sebagai brittle atau ductile fracture. Suatu material yang mengalami kepatahan tanpa mengalami suatu



deformasi plastis dikatakan patah secara brittle, sedang apabila kepatahan didahului dengan suatu deformasi plastis dikatakan mengalami ductile fracture. Material yang mengalami brittle fracture hanya mampu menahan energi yang kecil saja sebelum mengalami kepatahan.

Material-material seperti polymer, ceramic dan logam BCC mempunyai suatu range temperatur tertentu yang menunjukkan perubahan kekuatan impak yang menyolok dengan berubahnya temperatur.

Kekuatan Impak suatu bahan didefinisikan sebagai energi yang digunakan untuk mematahkan batang uji dibagi dengan luas penampang pada daerah takikan. energi untuk mematahkan batang uji dihitung berdasarkan berat dan ketinggian ayunan pendulum sebelum dan setelah Impak. Tanpa memperhatikan kehilangan energi.

*Imapct Tester* (sudut  $\beta$ ) besarnya energi impak dapat dihitung dengan penurunan persamaan energi mekanik berikut:

$$\begin{aligned} E_0 &= W \cdot h_0 \\ E_0 &= W (L - L \cdot \cos \alpha) \end{aligned} \quad (4.1a)$$

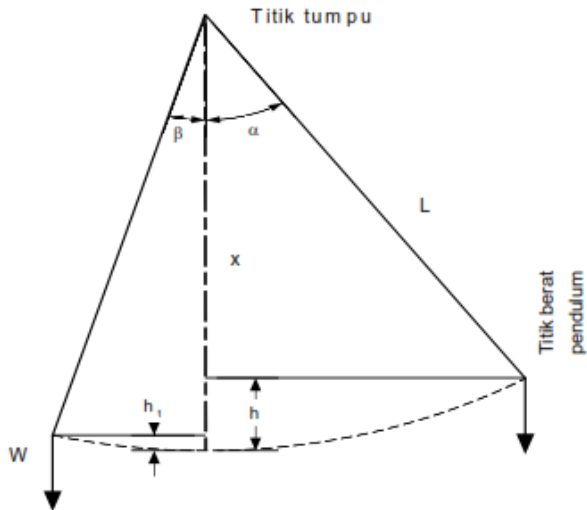
$$\begin{aligned} E_1 &= W \cdot h_1 \\ E_1 &= W (L - L \cdot \cos \beta) \end{aligned} \quad (4.1b)$$

Substitusi persamaan (4.1a) dan (4.1b) ke dalam persamaan  $\Delta E$

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_0 - E_1 \\ \Delta E &= (W (L - L \cdot \cos \alpha)) - (W (L - L \cdot \cos \beta)) \\ \Delta E &= W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha) \end{aligned} \quad (4.2)$$

Untuk mendapatkan nilai kekuatan impak  $\Delta E$  ( $kgm$ ) dibagi dengan luas penampang benda kerja dibagian yang patah ( $mm^2$ )

$$IS = \frac{W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha)}{A} \quad (4.3)$$



**Gambar 2. 17 Kebutuhan energi untuk mematahkan**

Keterangan:

$E_0$  : Energi awal saat pendulum dilepas ( $kgm$ )

$\alpha$  : Sudut awal ( $^\circ$ )

$E_1$  : Energi akhir saat pendulum menghantam benda uji ( $kgm$ )

$\beta$  : Sudut akhir ( $^\circ$ )

$W$  : Berat pendulum ( $kgm$ )

$L$  : Jarak titik tumpu ke titik berat pendulum ( $m$ )

$\Delta E$ : Energi yang digunakan mematahkan benda kerja ( $kgm$ )

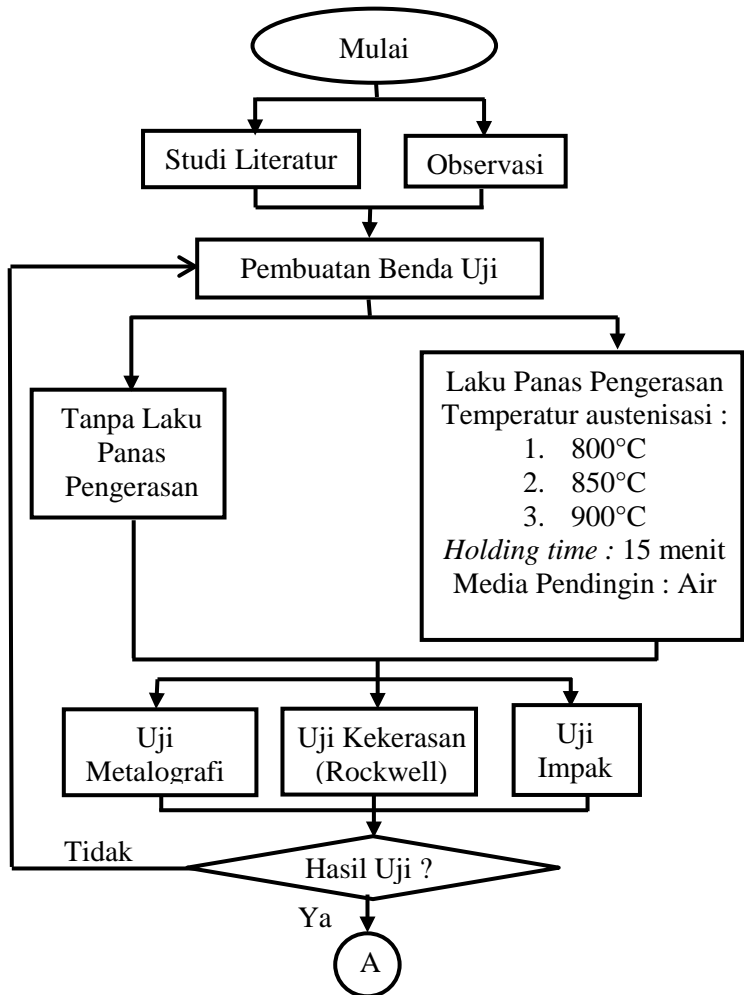
$A$  : Luas penampang yang rusak ( $mm^2$ )

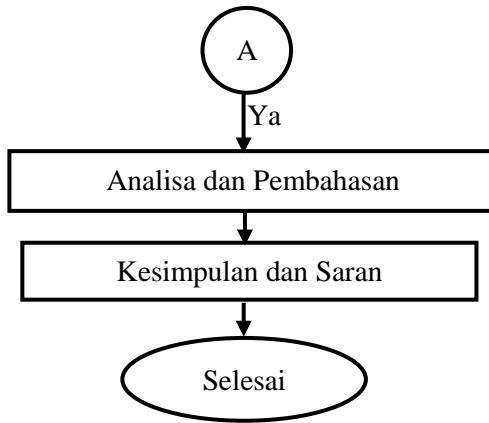
$IS$  : Kekuatan Impak ( $kgm/mm^2$ )

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan diagram alir, dapat dilihat pada gambar 3.1 pada diagram di bawah ini.





**Gambar 3. 1 *Flowchart* Diagram**

### **3.2 Bahan**

Bahan yang digunakan adalah Baja AISI 1050 yang merupakan baja karbon sedang dengan komposisi kadar karbon berkisar 0,48 - 0,55 %. Adapun unsur-unsur yang terkandung pada bahan yang digunakan seperti terlihat pada tabel 3.1 dan sifat mekanik bahan saat kondisi awal seperti terlihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3. 1 Unsur Kimia Bahan**

Unsur	C	Mn	Si
%	0.5	0.6	0.3

**Tabel 3. 2 Sifat Mekanik Bahan**

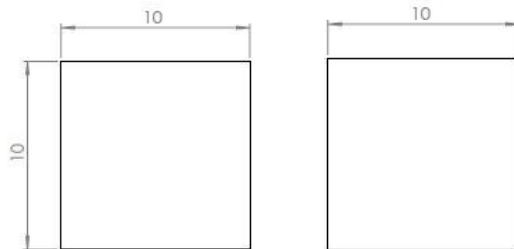
<i>Tensile Strength</i>	640 (N/mm <sup>2</sup> )
<i>Yield Point</i> ‘	340 (N/mm <sup>2</sup> )
Komposisi Struktur Mikro	62 % perlit 38 % ferrit

### 3.3 Benda Uji

Benda uji seluruhnya dilakukan proses pemotongan dengan menggunakan gergaji potong di Laboratorium Metalurgi D3 Teknik Mesin ITS.

#### 3.3.1 Benda Uji Kekerasan (ASTM E-18)

Benda uji dipotong dengan dimensi yang sudah ditentukan, yaitu 10 mm x 10 mm serta tebal 10 mm. seperti pada gambar 3.4. Dilakukan uji kekerasan sesuai standard uji Kekerasan ASTM E – 18 :

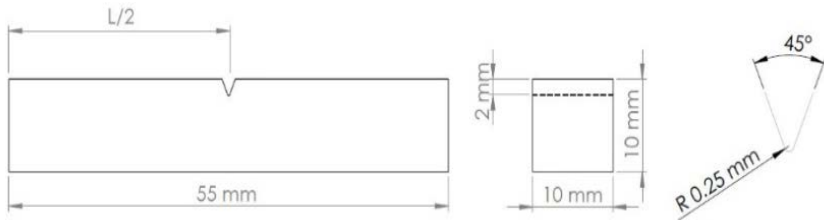


**Gambar 3. 2 Dimensi Benda Uji Kekerasan**

### 3.3.2 Benda Uji Impak (ASTM E-23)

Benda uji berbentuk sesuai standart dimensi uji Impak yang merujuk pada ASTM E - 23, dapat dilihat pada gambar 3.3. Dengan dimensi benda uji 55 mm x 10 mm x 10 mm

- Dalam takikan = 2 mm
- Jari – jari Takikan = 0.25 mm
- Sudut Takikan  $45^\circ$



**Gambar 3. 3 Dimensi Benda Uji Impak**

### 3.3.3 Benda Uji Metallografi

(ASTM E3 – 95 dan ASTM E – 407)

Benda uji yang digunakan adalah benda uji bekas uji kekerasan. Pengujian ini didasarkan pada ASTM E3 – 95 dan ASTM E – 407. Langkah – langkah pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda Uji di grinding menggunakan kertas gosok dengan grid 100 & 1000 pada mesin *grinding* yang dialiri air pada mesin *grinding – polishing*.
2. Benda Uji dipoles menggunakan kain bludru dan autosol hingga diperoleh benda uji yang bebas dari goresan.
3. Benda Uji di *etsa* menggunakan campuran 2 %  $\text{HNO}_3$  dan 98% alkohol (ASM Handbook *metallography and microstructures*) selama beberapa detik, lalu benda uji segera dicuci dengan

menggunakan *alkohol* untuk diamati fasa yang terjadi.

4. Benda Uji diamati struktur mikro dan fase yang terjadi menggunakan mikroskop optis.

### **3.4 Perlakuan Panas**

Pada perlakuan panas dilakukan perlakuan panas *Hardening* dengan variasi *temperature* yaitu perbandingan antara temperatur material uji satu dengan lainnya.

#### **3.4.1 Hardening**

Pada perlakuan panas ini dilakukan dengan proses *austenitizing temperature*. Dengan menggunakan variasi temperatur yaitu menggunakan temperatur 800 °C, 850 °C, 900 °C dengan menggunakan *holding time* 15 menit, serta dilakukan pendinginan cepat atau dengan menggunakan air.



**Gambar 3. 4 Pemasukkan Benda Uji ke Oven**

- 1) **Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas *Hardening***  
 Dengan *holding time*  $t = 15$  menit

**Tabel 3. 3 Benda Uji Kekerasan Saat Dilaku Panas**

Kekerasan	800°C	850°C	900°C
A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>

- 2) **Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas *Hardening***  
 Dengan *holding time*  $t = 15$  menit

**Tabel 3. 4 Benda Uji Impak Saat Dilaku Panas**

Impak	800°C			850°C			900°C		
B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>

- 3) **Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas *Hardening***  
 Dengan *holding time*  $t = 15$  menit

**Tabel 3. 5 Benda Uji Metallografi Saat Dilaku Panas**

Metallografi	800°C	850°C	900°C
C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>

### 3.5 Peralatan dan Pengujian

Pengujian yang dilakukan terdiri dari Uji Kekerasan, Uji Metallografi dan Uji Impak.



### 3.5.1 Peralatan dan Uji Kekerasan

*Hardenability Test* yang digunakan adalah kekerasan *Rockwell* skala C dengan acuan standart uji kekerasan ASTM E – 18, yang dinyatakan dalam HRC. Indentor yang digunakan intan dengan sudut  $120^{\circ}$  dan beban 150 Kg. Dilakukan identasi sebanyak 3 kali di tempat yang berbeda pada setiap benda uji.



**Gambar 3. 5 Alat Uji Kekerasan Rockwell (HRC)**

### 3.5.2 Peralatan dan Uji Impak

Metode yang digunakan adalah Uji Impak *Charpy* sesuai standard ASTM A370-07a yang merujuk pada ASTM E23. Benda uji yang digunakan di setiap pengujian berjumlah sebanyak 3



**Gambar 3. 6 Mesin Uji Impak Charpy**

### **3.5.3 Peralatan dan Uji Metallografi**

Pengujian Metallografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dan fase yang terbentuk pada benda uji. Pengujian ini didasarkan pada ASTM E3 – 95. Pengamatan metallografi menggunakan Mikroskop optik.



**Gambar 3. 7 Mikroskop Optik**

- **Menghitung Presentase Tiap Mikrostruktur (ASTM E562)**

Dilakukan berdasarkan pada ASTM E562. ASTM E562 merupakan standar pengujian untuk menentukan fraksi volume dengan sistem perhitungan manual (point counting), yaitu menghitung kandungan ferrite dan austenite. Untuk menggunakan ASTM E562 maka sebelumnya harus dilakukan proses foto mikro pada benda uji.

- **Menghitung Rata-rata Besar Butir  
(ASTM E112)**

Berdasarkan pada ASTM E112, terdapat tiga metode untuk menghitung besar butir pada benda uji yang telah dilakukan uji metalografi yaitu : Metode Perbandingan, Metode *Intercept* (*heyne*), Metode *Planimetri* (*Jeffries*)

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

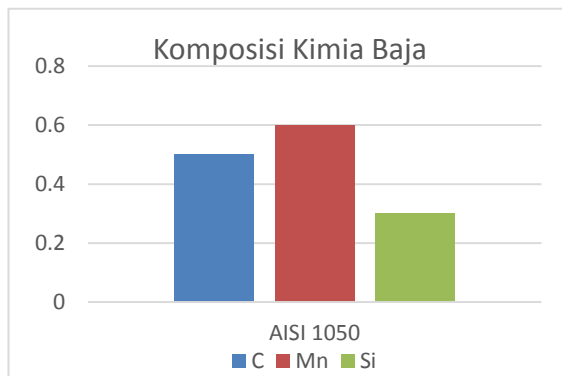
Dari penelitian yang dilakukan dengan material Baja AISI 1050 maka didapatkan hasil penelitian antara lain nilai kekerasan, nilai kekuatan impak dan struktur mikro pada material awal dan material setelah mengalami perlakuan panas dengan temperatur 800°C, 850°C dan 900°C dengan laju pendinginan cepat menggunakan air dan masing-masing perlakuan panas menggunakan waktu penahanan (*holding time*) selama 15 menit.

#### 4.1 Komposisi Kimia Baja

Komposisi kimia pada baja berpengaruh terhadap sifat mekanik material. Pada penelitian ini material uji yaitu Baja AISI 1050, berdasarkan sertifikat (terlampir) dari PT. ASSAB memiliki komposisi kimia seperti pada tabel 4.1 berikut

**Tabel 4. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050**

Unsur	C	Mn	Si
%	0.5	0.6	0.3



**Gambar 4. 1 Diagram Batang Komposisi Kimia Baja  
Karbon AISI 1050**

Dari komposisi kimia tersebut diperoleh sampel awal (*raw material*) pada baja AISI 1050 memiliki kandungan karbon sebanyak 0.5% C sehingga dapat dikategorikan sebagai baja karbon sedang. Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,3% C - 0.6% C (ASM Handbook. 1993) sedangkan komposisinya penyusun lainnya adalah Mangan (Mn) sebesar 0,6% yang berguna untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan material sedangkan komposisi yang lain adalah Silicon (Si) memiliki kandungan sebesar 0,3% yang dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, tahan aus, tahan terhadap panas dan karat dan tahan terhadap korosi.

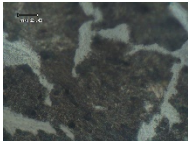
## 4.2 Hasil Uji Metallografi

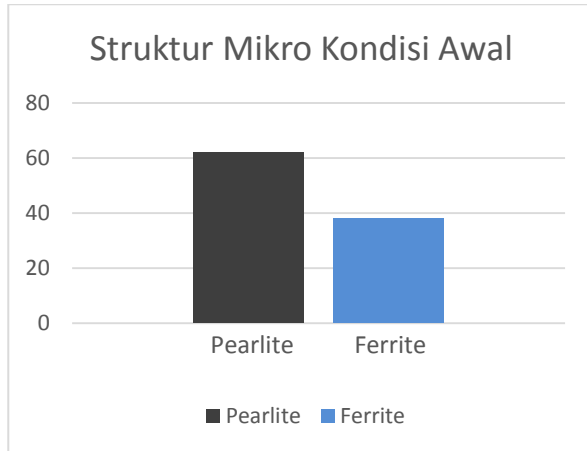
Pada pengujian metallografi ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro pada material uji yang dapat mempengaruhi sifat mekanik material. Dengan menggunakan mikroskop optik maka dilakukan pengambilan foto struktur mikro pada satu titik dengan perbesaran 100x.

### 4.2.1 Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal

Pada pengujian metallografi ini dilakukan pada material uji kondisi awal dengan menggunakan perbesaran 100x. Hasil dari uji metallografi material kondisi awal seperti pada tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4. 2 Hasil Uji Metallografi kondisi awal**

Spesimen	Hasil Metallografi	Fasa (%)
Kondisi Awal		Perlite 62% Ferrit 38%



**Gambar 4. 2 Diagram Batang Hasil Uji Metallografi Kondisi Awal**

Dari hasil pengujian metallografi benda uji kondisi awal (*raw material*) diatas, berdasarkan ASTM E562 menunjukkan fasa Ferrite dan Pearlite dengan persentase terbentuknya perlite sebesar 62% dan ferrit sebesar 38%. Ferrite berwarna terang (putih) dan Pearlite berwarna gelap (hitam).

Dari hasil pengujian metallografi diatas, berdasarkan ASTM E112 maka didapat besar butir (*Grain Size*) yang terbentuk sebagai berikut :

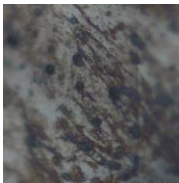
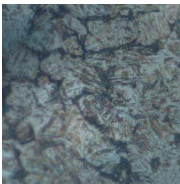
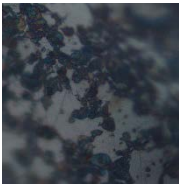
**Tabel 4. 3 Nilai Besar Butir Struktur Mikro Kondisi Awal**

Benda Uji	Grain Size Number (G) (ASTM E112)	Average Diameter (mm) (ASTM E112)
Kondisi Awal	8	0.0225

#### 4.2.2 Hasil Uji Metallografi *Hardening*

Setelah dilakukan pengujian kekerasan, selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro untuk mengetahui fasa penyusun dari setiap spesimen uji. Dengan pengambilan foto struktur mikro pada satu titik dengan perbesaran 100x. Hasil dari uji metallografi dapat dilihat dari tabel 4.4 sebagai berikut :

**Tabel 4. 4 Hasil Uji Metallografi *Hardening***

Spesimen	Hasil Metallografi	Fasa (%)
800°C		Martensit 89% Bainit 11%
850°C		Martensit 81% Bainit 19%
900°C		Martensit 79% Bainit 21%

Dari hasil pengujian metallografi diatas, berdasarkan ASTM E112 maka didapat nilai besar butir (*Grain Size*) yang terbentuk pada tabel 4.5 berikut :

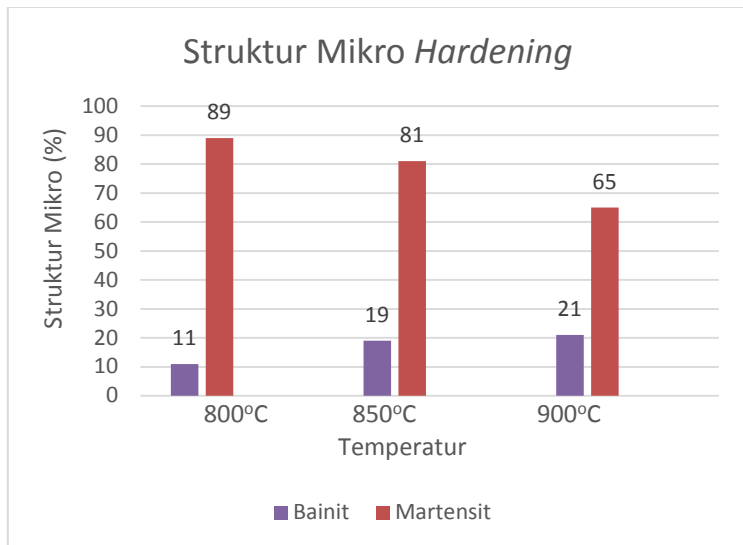


**Tabel 4. 5 Nilai Besar Butir Struktur Mikro *Hardening***

Temperatur	Grain Size Number (G) (ASTM E112)	Average Diameter (mm) (ASTM E112)
800°C	11	0.0079
850°C	10.5	0.0094
900°C	9.5	0.0133

#### 4.2.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Metallografi

Dari data pengujian metallografi seperti pada tabel 4.3 selanjutnya di tabulasikan dalam excel dan diperoleh diagram batang dibawah ini.



**Gambar 4. 3 Diagram Batang Hasil Uji Metallografi *Hardening***

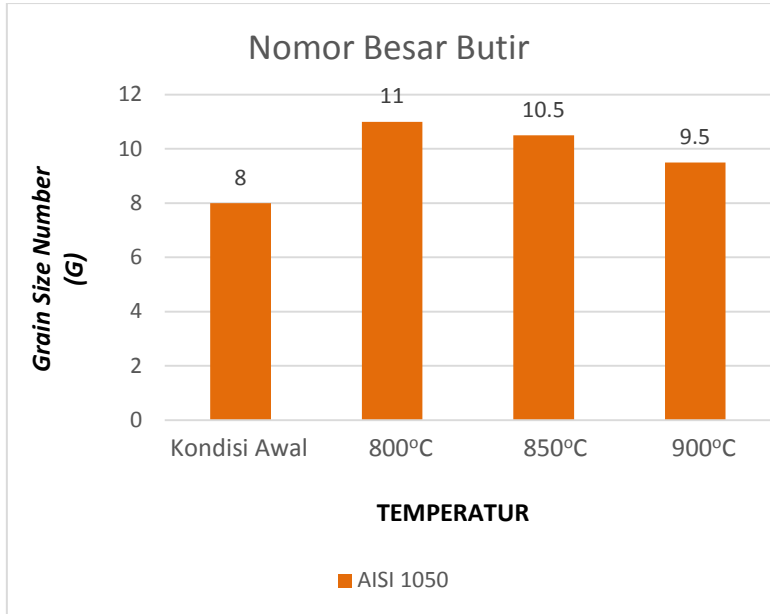
Dari diagram diatas, berdasarkan ASTM E562 maka diperoleh jumlah fase yang terbentuk pada

material uji yang telah dilakukan proses laku panas *hardening* dengan variasi temperatur serta menggunakan waktu penahanan dan media pendingin yang sama mempunyai hasil yang berbeda. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan *hardening* yang mempunyai nilai prosentase terbentuknya martensit terbesar terdapat pada temperatur 800°C dengan jumlah prosentase jumlah martensit terbesar yaitu 89% dan bainit sebesar 11%, kemudian mempunyai nilai tinggi selanjutnya adalah temperatur 850°C yang memperoleh jumlah martensit sebesar 81% dan bainit 19%, sedangkan jumlah prosentase martensit terkecil adalah temperatur 900°C dengan mempunyai jumlah martensit sebesar 79% dan bainit 21%. Struktur mikro martensite mempunyai peranan penting pada bahan yaitu dapat meningkatkan kekerasan sehingga semakin banyak kandungan martensit pada suatu bahan tersebut maka semakin tinggi nilai kekerasan yang akan diperoleh.

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa nilai martensit mengalami penurunan dari temperatur rendah ke temperatur yang tinggi maka hal ini berkaitan dengan pengaruh variasi temperatur yang digunakan. Peningkatan temperatur dapat mempengaruhi kandungan martensit pada suatu bahan maka dapat diperoleh bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan maka martensit yang akan terbentuk semakin sedikit. Terlihat bahwa temperatur terendah yaitu 800°C mempunyai kandungan martensit semakin besar.

Dari data tersebut, berdasarkan ASTM E112 didapatkan perhitungan untuk mengetahui berapa besar butir yang terbentuk sehingga didapat ukuran besar butir (diameter rata-rata). Pada gambar 4.4 menunjukkan

bahwa terdapat nilai besar butir (*Grain Size Number*) struktur mikro kondisi awal dan setelah dilakukan proses *hardening* seperti data yang terdapat pada tabel 4.3 dan 4.5 selanjutnya ditabulasikan dan diperoleh diagram batang seperti berikut :



**Gambar 4. 4 Diagram Batang Nomor Besar Butir Struktur Mikro AISI 1050 Kondisi Awal dan *Hardening***

Dari diagram diatas menunjukkan bahwa terjadi adanya peningkatan nomor besar butir (*Grain Size Number*) mulai dari kondisi awal menuju nomor besar butir yang diberi laku panas *hardening* dengan variasi temperatur. Nomor besar butir yang tertinggi berada pada material uji dengan temperatur 800°C sebesar 11, kemudian pada temperatur 850°C mempunyai nomor

besar butir dibawahnya yaitu sebesar 10,5. Selanjutnya yang ketiga yaitu pada kondisi temperatur 900°C yaitu sebesar 9,5 dan yang memiliki nomor besar butir terendah adalah kondisi normal yaitu nomor 8.

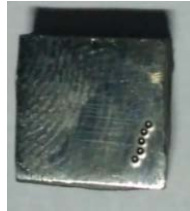
Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur *hardening* maka semakin rendah nomor besar butir atau mengalami penurunan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan pengaruh temperatur yang semakin tinggi atau variasi temperatur yang digunakan dapat menurunkan nomor besar butir. Ukuran besar butir akan semakin besar seiring dengan naiknya temperatur pemanasan (Wang, 2004). Sehingga melalui data yang diperoleh dari gambar 4.4 menunjukkan dengan naiknya temperatur maka dapat menghasilkan ukuran besar butir yang semakin besar. Semakin besar nomor besar butir maka ukuran besar butir semakin kecil dan sebaliknya apabila nomor besar butir semakin kecil maka ukuran besar butir akan semakin besar seperti yang tertera pada tabel 4.3 dan 4.5 sesuai dengan ASTM E112, dengan ukuran besar butir tertinggi yaitu pada kondisi awal dan mempunyai ukuran besar butir yang terendah pada temperature 800°C.

### **4.3 Hasil Uji Kekerasan**

Pada pengujian kekerasan ini menggunakan pengujian kekerasan sistem *Rockwell* dengan indenter yang terbuat dari bahan intan yang dibentuk menjadi kerucut dengan sudut penekanan 120° (HRC). Pengujian kekerasan menggunakan satu buah spesimen dalam setiap kondisinya dengan melakukan tiga kali pengambilan data atau indentasi yang bertujuan agar mendapatkan data yang lebih akurat.

#### 4.3.1 Hasil Uji Kekerasan Kondisi Awal

Pada pengujian kekerasan ini menggunakan mesin uji kekerasan tipe HRB, dengan pengambilan data pada tiga titik setiap spesimen. Hasil dari uji kekerasan material kondisi awal seperti pada tabel 4.6 :



**Gambar 4. 5 Material Uji Kekerasan Kondisi Awal**

**Tabel 4. 6 Nilai Uji Kekerasan Kondisi Awal**

Nilai Kekerasan (HRB)	Rata-rata (HRB)	Rata-rata (HRC)
92.5	92.8	13
93		
93		

Dari data hasil uji kekerasan pada material kondisi awal terlihat bahwa nilai kekerasan yang diperoleh kecil sehingga hasil dari pengujian tersebut dapat digunakan sebagai pembandingan untuk uji kekerasan setelah dilakukan laku panas pada material yang sama.

#### 4.3.2 Uji Kekerasan *Hardening*

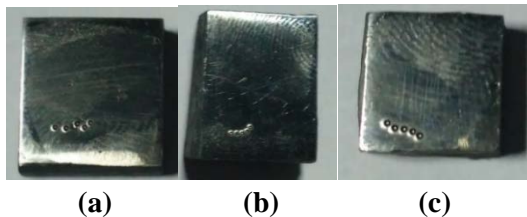
Proses laku panas ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap nilai

kekerasan pada baja karbon AISI 1050. Adapun proses dan parameter laku panas dijelaskan pada tabel berikut :

**Tabel 4. 7 Data Laku Panas Material *Hardening***

Tempat	Oven / Furnace
Temperatur Ruang	32°C
Temperatur Pemanasan	800°C, 850°C, 900°C
Waktu Penahanan	15 Menit
Laju Pemanasan	200°C/jam
Media Pendingin	Air
Jumlah spesimen	1

Berikut adalah gambar material uji hasil perlakuan panas *hardening* yang telah dilakukan uji kekerasan



**Gambar 4. 6 (a) Material Uji Kekerasan temperatur 800°C  
(b) Material Uji Kekerasan temperatur 850°C  
(c) Material Uji Kekerasan temperatur 900°C**

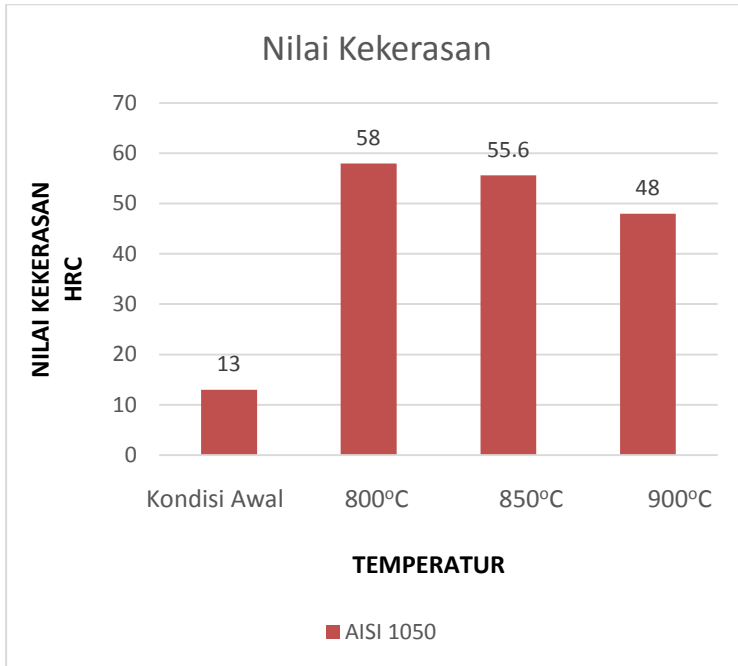
Berikut adalah data hasil pengujian uji kekerasan pada temperatur 800°C, 850 °C dan 900°C

**Tabel 4. 8 Nilai Uji Kekerasan *Hardening***

Temperatur	Nilai Kekerasan (HRC)	Rata-rata (HRC)
800°C	57.5	58
	58	
	58.5	
850°C	55	55.6
	55.5	
	56.5	
900°C	47.5	48
	48	
	48.5	

#### **4.3.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Kekerasan**

Dari data pengujian kekerasan pada material kondisi awal dan *hardening* maka didapat grafik hubungan antara pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan pada baja karbon AISI 1050 ditunjukkan pada gambar 4.7 sebagai berikut :



**Gambar 4. 7 Diagram Batang Nilai Kekerasan pada Kondisi Awal dan *Hardening***

Dari gambar 4.7 diatas dapat dilihat bahwa adanya peningkatan nilai kekerasan mulai dari kondisi awal baja karbon AISI 1050 mengalami peningkatan nilai kekerasannya secara signifikan terlihat setelah dilakukannya proses pengerasan dengan temperatur 800°C. Serta *hardening* yang kedua dengan menggunakan temperatur 850°C dan temperatur 900°C.

Pada grafik terlihat bahwa pengaruh variasi temperatur terhadap nilai kekerasan pada baja karbon AISI 1050 pada kondisi awal dan *hardening* dengan menggunakan media pendinginan air. Nilai kekerasan pada AISI 1050 mengalami penurunan nilai rata-rata



kekerasan, dari grafik tersebut terlihat bahwa pada kondisi *hardening* memiliki nilai kekerasan yang tertinggi adalah pada temperatur 800°C yaitu memiliki nilai rata-rata kekerasan sebesar 58 HRC dan memiliki nilai rata-rata kekerasan yang terendah adalah pada temperatur 900°C dengan nilai kekerasan 48 HRC sedangkan pada kondisi awal mempunyai nilai yang sangat kecil yaitu sebesar 13 HRC.

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa semakin tingginya temperatur maka kekerasan suatu material akan semakin turun. Dengan menganalisa struktur mikro yang terbentuk pada baja AISI 1050 dari temperatur rendah ke tinggi mengalami penurunan pada nilai kekerasannya karena disebabkan karena pada pemanasan yang cepat difusi yang terjadi masih belum sempurna, sehingga keadaan yang austenit masih belum tercapai sehingga saling berhubungan. Temperatur sangat berperan dalam hal ini apabila austenit yang belum mencapai homogen didinginkan dengan cepat akan memperoleh martensit yang tidak sama karena austenit akan langsung bertransformasi menjadi martensit. Martensit mempunyai peranan penting pada sifat mekanik suatu material yaitu dapat meningkatkan nilai kekerasan. Pada temperatur 800°C memiliki prosentasi martensit yang besar sehingga kekerasan yang terbentuk semakin besar pula, sedangkan pada temperatur 850 dan 800 mempunyai prosentasi jumlah martensit yang lebih kecil maka nilai kekerasan yang didapat juga semakin kecil.

#### 4.4 Hasil Uji Impak

Pada pengujian uji impak dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan impak pada proses pemanasan dengan pengaruh variasi temperatur untuk mengetahui sifat mekanik pada baja karbon AISI 1050. Pengujian impak dilakukan pada tiga buah spesimen tiap variasi temperaturnya bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

##### 4.4.1 Hasil Uji Impak Kondisi Awal

Pada pengujian impak ini menggunakan mesin uji impak charpy, dengan pengambilan data pada tiga buah material uji. Hasil dari uji impak material kondisi awal seperti pada tabel 4.10 dengan menggunakan data sebagai berikut :

**Tabel 4. 9 Data pengujian impak material**

Mesin Uji	Mesin Uji Impak Charpy
Sudut $\alpha$ ( ° )	140
W (N)	13.17 x 9.81
R (m)	0.45

Berikut adalah gambar material uji yang telah dilakukan uji impak :



**Gambar 4. 8 Material Uji Impak Kondisi Awal**

Berikut adalah hasil dari pengujian impak pada kondisi awal :

**Tabel 4. 10 Nilai Uji Impak Kondisi Awal**

Benda Uji	Sudut $\beta$ ( $^{\circ}$ )	Energi Impak ( $J$ )	Kekuatan impak ( $J/mm^2$ )	Rata-rata IS ( $J/mm^2$ )
Kondisi Awal	107	27.5388	0.3442	0.3402
	108	26.5711	0.3321	
	107	27.5388	0.3442	

Dari data hasil uji impak pada material kondisi awal terlihat bahwa nilai Kekuatan impak yang diperoleh cukup tinggi sehingga hasil dari pengujian tersebut dapat digunakan sebagai pembanding untuk uji impak setelah dilakukan laku panas pada material yang sama.

#### 4.4.2 Hasil Uji Impak *Hardening*

Proses laku panas ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap nilai Kekuatan impak pada baja karbon AISI 1050. Adapun data yang digunakan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 11 Data pengujian impak material**

Mesin Uji	Mesin Uji Impak Charpy
Sudut $\alpha$ ( ° )	140
W (N)	13.17 x 9.81
R (m)	0.45

Berikut adalah gambar material uji hasil perlakuan panas *hardening* yang telah dilakukan uji impak :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4. 9 (a) Material Uji Impak T = 800°C**

**(b) Material Uji Impak T = 850°C**

**(c) Material Uji Impak T = 900°C**

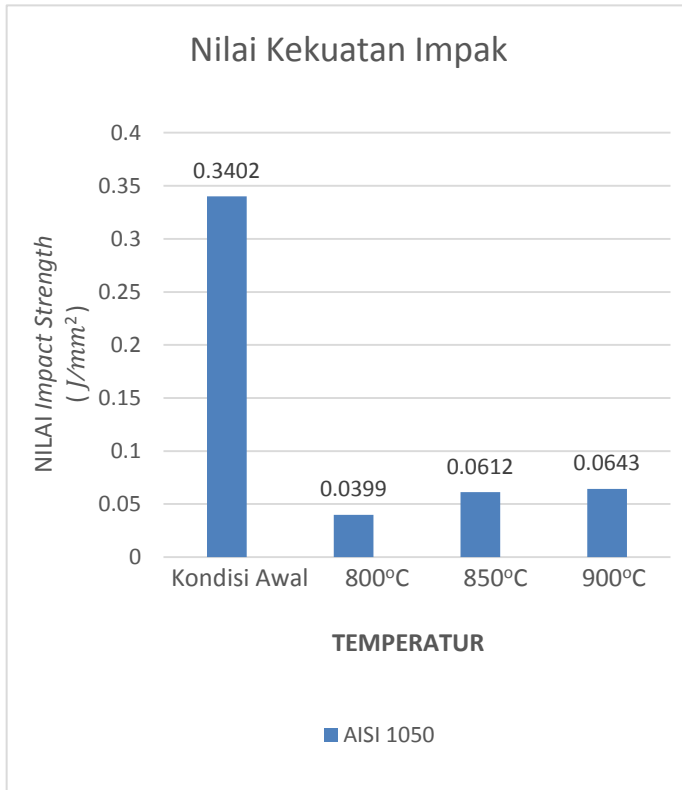
Berikut adalah data hasil pengujian uji impak pada temperatur 800°C, 850 °C dan 900°C :

**Tabel 4. 12 Nilai Uji Impak *Hardening***

Temperatur (°C)	Sudut $\beta$ (°)	Energi Impak (J)	Kekuatan impak (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata IS (J/mm <sup>2</sup> )
800°C	136	2,7154	0,0339	0.0399
	134	4,1503	0,0519	
	136	2,7154	0,0339	
850°C	132	5,6345	0,0704	0,0612
	135	3,4266	0,0428	
	132	5,6345	0,0704	
900°C	133	4,8863	0,0611	0.0643
	134	4,1503	0,0519	
	131	6,3944	0,0799	

#### **4.4.3 Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Impak**

Dari data pengujian impak maka didapatkan grafik hubungan antara variasi temperatur terhadap Kekuatan impak pada baja karbon AISI 1050 kondisi awal dan material *hardening* ditunjukkan pada gambar 4.10 sebagai berikut :



**Gambar 4. 10 Diagram Batang Nilai Kekuatan impak Kondisi Awal dan *Hardening***

Dari gambar 4. 10 dapat dilihat bahwa nilai Kekuatan impak variasi temperatur dengan menggunakan media pendinginan air mengalami penurunan nilai kekuatan impak mulai dari kondisi awal sampai kondisi *hardening* pada temperatur 800°C dengan temperatur kedua 850°C dan pada temperatur akhir sebesar 900°C.

Pada gambar 4.10 menunjukkan nilai kekuatan impak mengalami perubahan nilai pada kondisi awal dan pada kondisi *hardening*. Pada kondisi *hardening* memiliki nilai kekuatan impak tertinggi adalah pada temperatur 900°C sebesar 0,0643 ( $J/mm^2$ ) dan yang memiliki nilai kekuatan impak terendah pada kondisi *hardening* yaitu pada temperatur 800°C sebesar 0,0399 ( $J/mm^2$ ) sedangkan pada temperatur 850°C memiliki nilai kekuatan impak sebesar 0,0612 ( $J/mm^2$ ). Pada kondisi awal memiliki nilai kekuatan impak yang sangat besar yaitu sebesar 0,3402 ( $J/mm^2$ ). Tinggi rendahnya nilai kekuatan impak juga dipengaruhi oleh nilai kekerasan dikarenakan apabila nilai kekerasan tinggi maka nilai kekuatan impak akan rendah dan sebaliknya jika nilai kekerasan rendah maka nilai kekuatan impak akan tinggi. Selain itu hubungan antara kekuatan impak dengan proses perlakuan panas yang sebelumnya mempunyai pengaruh yang cukup besar.

Berdasarkan gambar 4.10 maka dapat dilihat bahwa seiring naiknya temperatur maka nilai kekuatan impak semakin tinggi atau mengalami kenaikan. Pada hasil struktur mikro yang telah dilakukan bahwa temperatur terendah yaitu 800°C yang memiliki martensit yang tinggi. Martensit mempunyai peranan penting pada sifat mekanik suatu material yaitu dapat meningkatkan nilai kekerasan selain itu juga memiliki sifat yang getas. Sehingga melalui data yang diperoleh dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin rendah temperatur nomor besar butir yang dimiliki semakin besar maka ukuran besar butirnya semakin kecil sehingga mengakibatkan nilai kekerasannya meningkat dan pada gambar 4.7 menunjukkan nilai kekerasannya

meningkat seiring dengan naiknya temperatur. Tinggi rendahnya nilai *Impact Strength* (kekuatan impak) juga dipengaruhi oleh nilai kekerasan yaitu apabila nilai kekerasan tinggi maka nilai kekuatan impak akan rendah dan begitu sebaliknya. Sehingga pada gambar 4.10 tersebut dapat disimpulkan bahwa menunjukkan semakin tinggi temperatur yang digunakan akan terjadi penurunan nilai kekuatan impak.

#### 4.5 Pembahasan

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu pisau igrek sebagai alat pemotong kelapa saeit yang memiliki kekerasan sisi potong minimal 43.5 HRC. Pada perlakuan panas terbentuknya martensit akibat dari perlakuan panas pengerasan dan pendinginan cepat. Semakin cepat laju pendinginan maka martensit yang terbentuk semakin banyak dan *Grain Size Number* akan semakin nai, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5. Martensit dan *Grain Size Number* berperan penting terhadap ilai kekerasan dari suatu material. Nomor besar butir berbanding terbalik dengan ukuran besar butir dari suatu baja serta berhubungan dengan nilai kekerasan. Apabila martensit semakin banyak maka nomor besar butir akan semakin tinggi maka kekerasan yang dimiliki material akan semakin tinggi atau semakin keras hal ini dapat dlihat pada tabel 4.8. Kekerasan yang tinggi akan membuat pisau semakin tajam dan tahan terhadap aus. Nilai kekuatan impak mempunyai nilai yang berbanding terbalik dengan temperatur, semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula nilai kekuatan impak yang dihasilkan oleh material sehingga apabila kekerasan pada suatu material naik maka nilai impak akan semakin turun yang mengakibatkan material bersifat keras namun getas hal ini dapat dilihat pada tabel 4.12.

Pada penelitian ini pada baja AISI 1050 yang berkaitan dengan material pisau igrek yang mempunyai minimal kekerasan sesuai dengan standar SNI maka setelah dilakukan laku panas pengerasan menggunakan variasi temperatur



austenisasi 800°C, 850°C dan 900°C dengan *holding time* selama 15 menit dan menggunakan media pendingin air maka nilai kekerasannya yaitu 58 HRC, 55.6 HRC dan 48 HRC. Sehingga baja AISI 1050 dapat meningkatkan kualitas mutu pisau dengan dilakukan metode laku panas dalam segi peningkatan kekerasan dari material sesuai dengan SNI.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data yang telah diperoleh mengenai pengaruh perbedaan variasi temperatur austenisasi terhadap nilai kekerasan material, kekuatan impak dan struktur mikro dengan proses laku panas pada baja AISI 1050, menggunakan suhu 800°C, 850°C dan 900°C dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kekerasannya tertinggi pada temperatur austenisasi 800°C dengan nilai kekerasan 58 HRC. Nilai kekuatan impak tertinggi pada temperatur austenisasi 900°C dengan nilai kekuatan impak sebesar 0,0643 ( $J/mm^2$ ).
2. Nilai prosentase terbentuk yaitu martensit tertinggi terdapat pada temperatur austenisasi 800°C dengan struktur mikro yaitu 87% martensit dan 13% bainit. Nomor besar butir (*Grain Size Number*) tertinggi pada temperatur austenisasi 800°C sebesar 11.

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian kali ini pengujian yang dilakukan hanya sebatas mengetahui nilai kekerasan secara analog diharapkan untuk dapat menggunakan alat uji kekerasan yang digital agar hasil dapat akurat.
2. Pada penelitian ini menggunakan metode impak Charpy. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji impact dengan metode berbeda agar dapat dilihat perbedaannya.

3. Pada penelitian kali ini perlakuan panas yang paling ideal digunakan pada pisau igrek yang sesuai SNI yaitu pada temperatur 850°C dengan nilai kekerasan 55.6

## DAFTAR PUSTAKA

1. Avner, H, S. 1974. *Introduction to Physical Metallurgy. 2nd edition*, New York; Mc Graw Hill International Editions.
2. Thelning, K.E. 1984. *Steel and It's HeatTreatment. 2nd editon*. Butterworths. London.
3. ASTM International Standard E-18, *Standart Test Method for Rockwell Hardness Supercifal Hardness of Metallic Material*.
4. ASTM International Standard E-23, *Standart Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*.
5. ASTM International Standard E3-95, *Standart Practice for Preparation of Metallographic Specimens*.
6. ASTM International Standart E-112, *Standart Test Methods for Determining Average Grain Size*
7. Yuli Setiyorini, Rindang Fajarin, Darmawan Alan. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Annealing Terhadap Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Bolster, *Jurnal Teknik Material Metalurgi ITS*.
8. Lagiyono, Suwandono, Mukhamad Masykur. 2011. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang ST 60. *Jurnal Universitas Pancasakti Tegal*
9. Anom Yogantoro. 2010. Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan *Low Tempering, Medium Tempering* dan *High Tempering* pada *Medium Carbo Steel* Produksi Pengecoran Batur-Klaten Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan. *Jurnal*

*Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah  
Surakarta.*

10. Gunawan Dwi. 2006. Pengaruh Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. *Jurnal Universitas Diponegoro*

## Lampiran 1

### Surat Keterangan Material Baja Karbon AISI 1050



PT. ASSAB STEELS INDONESIA

## SURAT KETERANGAN MATERIAL

**No DO : S 004623**

Tanggal kirim : 25 - 04 - 2017

Dengan ini menerangkan bahwa material yang dikirim ke **Ismah Fawaiz, Septa Ria Nurmalisari, & Adelina Irawati** telah **memenuhi spesifikasi** sesuai dengan sertifikat material masing-masing yang berlaku yaitu :

MATERIAL	NOMOR SERTIFIKAT	TANGGAL SERTIFIKAT	NOMOR PO
ASSAB 760	760 / 618 T / 17	25 APRIL 2017	P-01

Issued by,



**Susanti Dian Pertiwi**  
**Technical Manager**

*Lampiran 2*  
*Sertifikat Baja Karbon AISI 1050*



PT. ASSAB STEELS INDONESIA

## CERTIFICATE

**No: 585 / 760 / 17**

Issuing date : 25 - 04 - 2017

Validity : One year upon date of issue

If attached with " Surat Keterangan Material "

This is to certify that **ASSAB 760** we supply to **Ismah Fawaiz, Septa Ria Nurmalisari, & Adelina Irawati** is guaranteed to meet the specifications as mentioned below :

Typical Chemical Analysis :

**C 0.50 - Si 0.30 - Mn 0.60**

Delivery condition :

**Unannealed to approx. 200 HB**

Typical Microstructure :



Issued by



**Susanti Dian Pertiwi**  
**Technical Manager**



A 681 - 08

TABLE 1 Chemical Requirements, %<sup>a</sup>

UNS Designation <sup>a</sup>	Type	Carbon		Manganese <sup>c</sup>		Phosphorus, max	Sulfur, <sup>d</sup> max	Silicon		Chromium		Vanadium		Tungsten		Molybdenum		
		min	max	min	max			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
T20810	H10	0.35	0.45	0.20	0.70	0.030	0.030	0.80	1.25	3.00	3.75	0.25	0.75	...	...	2.00	3.00	
T20811	H11	0.33	0.43	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	0.30	0.60	...	...	1.10	1.60	
T20812	H12	0.30	0.40	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	0.20	0.50	1.00	1.70	1.25	1.75	
T20813	H13	0.32	0.45	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	0.80	1.20	...	...	1.10	1.75	
T20814	H14	0.35	0.45	0.20	0.60	0.030	0.030	0.80	1.25	4.75	5.50	...	...	4.00	5.25	...	...	
T20819	H19	0.32	0.45	0.20	0.50	0.030	0.030	0.15	0.50	4.00	4.75	1.75	2.20	3.75	4.50	0.30	0.55	Co 4.00–4.50
T20821	H21	0.26	0.36	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.50	3.00	3.75	0.30	0.60	8.50	10.00	...	...	
T20822	H22	0.30	0.40	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	1.75	3.75	0.25	0.50	10.00	11.75	...	...	
T20823	H23	0.25	0.35	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.60	11.00	12.75	0.75	1.25	11.00	12.75	...	...	
T20824	H24	0.42	0.53	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	2.50	3.50	0.40	0.60	14.00	16.00	...	...	
T20825	H25	0.22	0.32	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	3.75	4.50	0.40	0.60	14.00	16.00	...	...	
T20826	H26	0.45	0.55 <sup>c</sup>	0.15	0.40	0.030	0.030	0.15	0.40	3.75	4.50	0.75	1.25	17.25	19.00	...	...	
T20841	H41	0.60	0.75 <sup>c</sup>	0.15	0.40	0.030	0.030	0.20	0.45	3.50	4.00	1.00	1.30	1.40	2.10	8.20	9.20	
T20842	H42	0.55	0.70 <sup>c</sup>	0.15	0.40	0.030	0.030	0.20	0.45	3.75	4.50	1.75	2.20	5.50	6.75	4.50	5.50	
T20843	H43	0.50	0.65 <sup>c</sup>	0.15	0.40	0.030	0.030	0.20	0.45	3.75	4.50	1.80	2.20	...	...	7.75	8.50	
T30102	A2	0.95	1.05	0.40	1.00	0.030	0.030	0.10	0.50	4.75	5.50	0.15	0.50	...	...	0.90	1.40	
T30103	A3	1.20	1.30	0.40	0.80	0.030	0.030	0.10	0.70	4.75	5.50	0.80	1.40	...	...	0.90	1.40	
T30104	A4	0.95	1.05	1.80	2.20	0.030	0.030	0.10	0.70	0.90	2.20	...	...	...	...	0.90	1.40	
T30105	A5	0.95	1.05	2.80	3.20	0.030	0.030	0.10	0.70	0.90	1.40	...	...	...	...	0.90	1.40	
T30106	A6	0.65	0.75	1.80	2.50	0.030	0.030	0.10	0.70	0.90	1.40	...	...	...	...	0.90	1.40	
T30107	A7	2.00	2.85	0.20	0.80	0.030	0.030	0.10	0.70	5.00	5.75	3.90	5.15	0.50	1.50	0.90	1.40	
T30108	A8	0.50	0.60	0.20	0.50	0.030	0.030	0.75	1.10	4.75	5.50	...	...	1.00	1.50	1.15	1.65	
T30109	A9	0.45	0.55	0.20	0.50	0.030	0.030	0.95	1.15	4.75	5.50	0.80	1.40	...	...	1.30	1.80	Ni 1

<sup>a</sup> Chemistry limits include product analysis tolerances. Unless otherwise specified, nickel plus copper equal 0.75 % max for all types.

<sup>H</sup> New designation established in accordance with Practice E 627 and SAEJ1096.

<sup>c</sup> Manganese limit is 1.0 % max for H13 resultitized.

<sup>D</sup> Where specified, sulfur may be 0.06 to 0.15 % to improve machinability.

<sup>E</sup> Available in several carbon ranges.

<sup>F</sup> Also contains 1.05–1.25 % aluminum.



## Lampiran 4

### Austenitizing Temperature

Type	Preheat Temperature, °F (°C)	Austenitizing Temperature, °F (°C)		Austenitizing Time (minutes)	Quench Medium	Tempering Temperature, °F (°C)	Minimum Hardness, RC
		Salt Bath	Controlled Atmosphere Furnaces				
H10	1450 (788)	1850 (1010)	1875 (1024)	5-15	Air	1025 (552)	55
H11	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5-15	Air	1025 (552)	53
H12	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5-15	Air	1025 (552)	53
H13	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5-15	Air	1025 (552)	52
H14	1450 (788)	1900 (1038)	1925 (1052)	5-15	Air	1025 (552)	55
H19	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5-15	Air	1025 (552)	55
H21	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5-15	Air	1025 (552)	52
H22	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5-15	Air	1025 (552)	53
H23	1500 (816)	2275 (1246)	2300 (1260)	5-15	Oil	1200 (649)	42
H24	1450 (788)	2200 (1204)	2225 (1218)	5-15	Air	1025 (552)	55
H25	1450 (788)	2250 (1232)	2275 (1246)	5-15	Air	1025 (552)	44
H26	1550 (843)	2275 (1246)	2300 (1260)	5-15	Air	1025 (552)	58
H41	1450 (788)	2125 (1163)	2150 (1177)	5-15	Air	1025 (552)	60
H42	1450 (788)	2175 (1191)	2200 (1204)	5-15	Air	1025 (552)	60
H43	1450 (788)	2150 (1177)	2175 (1191)	5-15	Air	1025 (552)	58
A2	1450 (788)	1725 (941)	1750 (954)	5-15	Air	400 (204)	60
A3	1450 (788)	1775 (968)	1800 (982)	5-15	Air	400 (204)	63
A4	1250 (677)	1550 (843)	1575 (857)	5-15	Air	400 (204)	61
A6	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5-15	Air	400 (204)	58
A7	1500 (816)	1750 (954)	1775 (968)	5-15	Air	400 (204)	63
A8	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5-15	Air	950 (510)	56
A9	1450 (788)	1825 (996)	1850 (1010)	5-15	Air	950 (510)	56
A10	1200 (649)	1475 (802)	1500 (816)	5-15	Air	400 (204)	59
D2	1500 (816)	1825 (996)	1850 (1010)	10-20	Air	400 (204)	59
D3	1500 (816)	1750 (954)	1775 (968)	10-20	Oil	400 (204)	61
D4	1500 (816)	1800 (982)	1825 (996)	10-20	Air	400 (204)	62
D5	1500 (816)	1825 (996)	1850 (1010)	10-20	Air	400 (204)	61
D7	1500 (816)	1925 (1052)	1950 (1066)	10-20	Air	400 (204)	63
O1	1200 (649)	1450 (788)	1475 (802)	5-15	Oil	400 (204)	59
O2	1200 (649)	1450 (788)	1475 (802)	5-15	Oil	400 (204)	59
O6	...	1450 (788)	1475 (802)	5-15	Oil	400 (204)	59
O7	1200 (649)	1575 (857)	1600 (871)	5-15	Oil	400 (204)	62
S1	1250 (677)	1725 (941)	1750 (954)	5-15	Oil	400 (204)	56
S2	1250 (677)	1625 (885)	1650 (899)	5-15	Brine	400 (204)	58
S4	1250 (677)	1625 (885)	1650 (899)	5-15	Oil	400 (204)	58
S5	1250 (677)	1625 (885)	1650 (899)	5-15	Oil	400 (204)	58
S6	1450 (788)	1700 (927)	1725 (941)	5-15	Oil	400 (204)	56
S7	1250 (677)	1725 (941)	1750 (954)	5-15	Air	400 (204)	56
L2	1200 (649)	1575 (857)	1600 (871)	5-15	Oil	400 (204)	53 <sup>A</sup>
L3	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5-15	Oil	400 (204)	62
L6	1200 (649)	1500 (816)	1525 (829)	5-15	Oil	400 (204)	58
F1	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5-15	Brine	400 (204)	64
F2	1200 (649)	1525 (829)	1550 (843)	5-15	Brine	400 (204)	64

*Lampiran 5*  
*Tabel Konversi Kekerasan*

BRINELL 10 2000	ROCKWELL		ROCKWELL		SUPERFIELD	SHORE	TENSILE STRENGTH	VICKERS	BRINELL 10 3000	ROCKWELL			ROCKWELL	SUPERFIELD	SHORE	TENSILE STRENGTH
	A	C	15-N	30-N						A	B	C	15-N	20-N		
	85.6	68	93.2	84.4	97			410	388	71.4		41.8	81.4	61.1		137
	85.3	67.5	93	84	96			400	379	70.8		40.8	81	60.2	55	134
	85	67	92.9	83.6	95			390	369	70.3		39.8	80.3	59.3		130
	84.7	66.4	92.7	83.1	93			380	360	69.5	110	38.8	79.6	58.4	62	127
	84.4	65.9	92.5	82.7	92			370	350	69.2		37.7	79.2	57.4		123
	84.1	65.3	92.3	82.2	91			360	341	68.7	109	36.6	78.6	56.4	50	120
	83.8	64.7	92.1	81.7	90			350	331	68.1		35.5	78	55.4		117
	83.4	64	91.8	81.1	88			340	322	67.8	108	34.4	77.4	54.4	47	113
	83	63.3	91.5	80.4	87			330	313	67		33.3	76.8	53.6		110
	82.6	62.5	91.2	79.7	86			320	303	66.4	107	32.2	76.2	52.3	45	106
	82.2	61.6	91	79.1	84			310	294	65.8		31	75.6	51.3		103
	81.6	61	90.7	78.4	83			300	284	65.2	105	29.8	74.9	50.2	42	99
	81.3	60.1	90.3	77.8	81			295	280	64.8		29.2	74.6	49.7		98
	81.1	59.7	90.1	77.2				290	275	64.5	104.5	28.5	74.2	49	41	96
	80.8	59.2	89.8	76.8	80	232		285	270	64.2		27.8	73.8	48.4		94
	80.6	58.8	89.7	76.4		228		280	265	63.8	103.5	27.1	73.4	47.8	40	92
	80.3	58.3	89.5	75.9	79	224		275	261	63.5		26.4	73	47.2		91
	80	57.6	89.2	75.5		221		270	255	63.1	102	25.6	72.6	46.4	38	89
	79.6	57.3	89	75.1	77	217		265	252	62.7		24.8	72.1	45.7		87
	79.5	56.5	88.8	74.6		214		260	247	62.1	101	24	71.6	45	37	85
	79.2	56.3	88.5	74.2	75	210		255	243	62		23.1	71.1	44.2		84
	78.9	55.7	88.2	73.6		207		250	238	61.6	99.5	22.2	70.6	43.4	35	82.5
	78.6	55.2	88	73.2	74	203		245	233	61.3		21.3	70.1	42.5		80
	78.4	54.7	87.8	72.7		200		240	226	60.7	98.1	20.3	69.6	41.7	34	78
	76	54.1	87.5	72.1	72	196		230	219			18			33	75
	77.8	53.6	87.2	71.7		193		220	209		95	15.7			32	71
	77.4	53	86.9	71.2	71	189		210	200		93.4	13.4			30	68
505	77	52.3	86.6	70.5		186		200	190		91.4	11			29	65
496	76.7	51.7	86.3	70	69	183		190	181		89.5	8.5			28	62
488	76.4	51.1	86	69.5		179		180	171		87.1	6			26	59
480	76.1	50.5	85.7	69	67	176		170	162		85	3			25	55
473	76.7	49.8	85.4	68.3		173		160	152		81.7	0			24	53
465	75.3	49.1	85	67.7	66	169		150	143		78.7				22	50
456	74.9	48.4	84.7	67.1		165		140	133		75				21	48
446	74.5	47.7	84.3	66.4	64	162		130	124		71.2				20	44
441	74.1	46.8	83.9	65.7		158		120	114		66.7					40
433	73.6	46.1	83.6	64.9	62	155		110	105		62.3					
426	73.3	45.3	83.2	64.3		151		100	95		56.2					
415	72.8	44.5	82.8	63.5	59	146		95	90		52.6					
405	72.3	43.6	82.3	62.7		144		90	86		48					
397	71.8	42.7	81.8	61.9	57	141		85	81		41					

## *Lampiran 6*

### *Standar Nasional Indonesia (SNI) Pisau Irek*

Nomor SNI : SNI 02-4874-1998

Judul : Pisau igrek

Abstraksi : Syarat mutu pisau igrek sebagai alat pemotong tandan buah kelapa sawit meliputi; tampak luar tidak cacat; sisi potong tajam; bahan baku dari baja karbon menengah, dan; kekerasan sisi potong dilakukan perlakuan panas minimal 45,3 HRC.

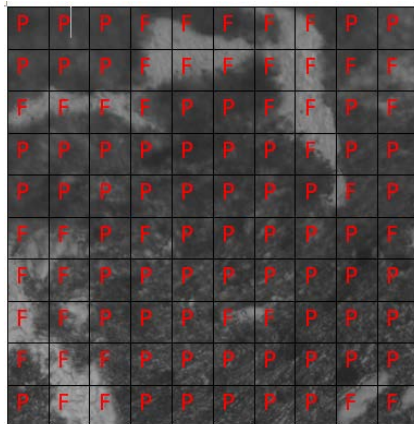
Panitia Teknis :

SK Penetapan : 1219/BSN-I/HK.24/12/1998

ICS		
No	Kode ICS	Judul
1	65.060.50	Peralatan panen

*Lampiran 7*  
*Perhitungan Pengujian Metallografi*

**1. Metallografi Kondisi Normal**

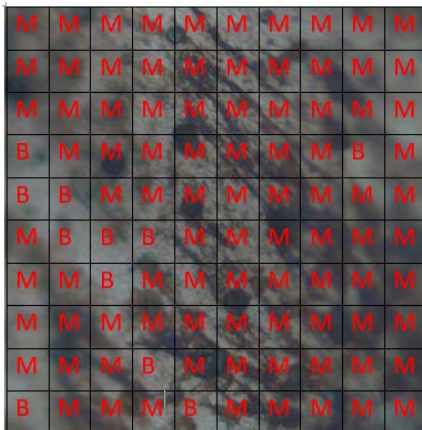


Struktur mikro yang terbentuk ialah :

62% Pearlite

38% Ferrite

**2. Metallografi Temperatur 800°C**



Struktur mikro yang terbentuk ialah :

89% Martensit

11% Bainit

### 3. Metallografi Temperatur 850°C

M	M	M	M	M	M	M	M	B	B
M	M	M	M	M	M	M	M	B	B
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
M	M	M	B	M	M	M	M	M	M
M	B	M	M	M	B	M	M	M	M
M	B	B	M	M	B	M	M	M	B
M	M	M	B	M	B	M	M	M	M
B	B	M	B	B	M	M	M	M	M
M	M	M	M	M	M	M	B	M	M
M	B	M	M	M	M	M	M	M	M

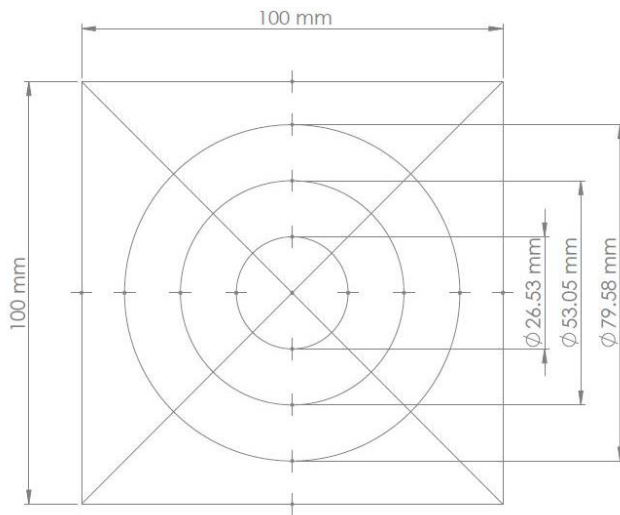
Struktur mikro  
yang terbentuk  
ialah :  
81% Martensit  
19% Bainit

### 4. Metallografi Temperatur 900°C

M	B	M	M	M	M	B	M	M	M
M	M	M	M	B	M	B	B	M	M
B	M	M	M	M	M	B	M	M	M
M	M	M	M	M	M	B	B	M	M
B	M	M	B	M	M	M	M	M	M
B	M	M	M	B	M	M	M	M	M
B	M	M	M	M	M	B	B	M	B
M	B	M	M	M	M	M	B	M	B
M	B	M	M	M	M	M	M	M	M
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

Struktur mikro  
yang terbentuk  
ialah :  
79% Martensit  
21% Bainit

*Lampiran 8*  
*Perhitungan Grain Size Number*

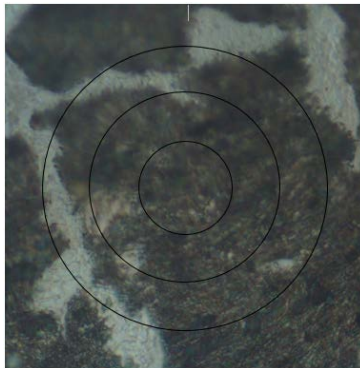


Diketahui :  $L_T$  menggunakan 3 lingkaran dan perbesaran 1000

$$L_T = 500 \text{ mm}$$

$$M = 1000$$

**1. Kondisi Awal**



Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis

$$N = 29$$

maka hasil dari nilai  $G$  adalah :

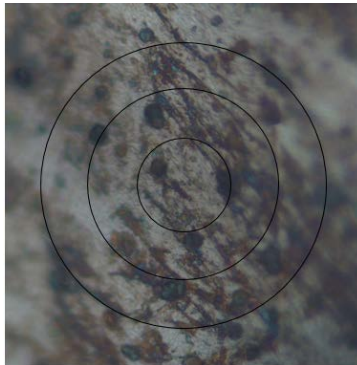
$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500 \text{ mm}}{29 \times 1000}) - 3.298$$

$$G = 8.42$$

Berdasarkan ASTM E-112  $G = 8.42$  menjadi *Grain Size Number*  $G = 8$  maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah  $\bar{d} = 0.0225$

## 2. Temperatur 800°C



Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis  
 $N = 76$

maka hasil dari nilai  $G$  adalah :

$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

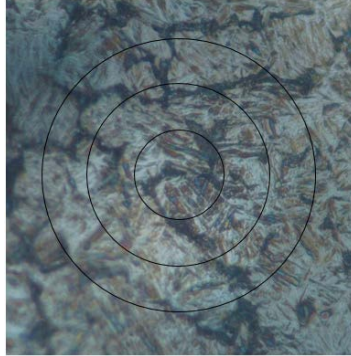
$$G = (-6.645 \log \frac{500 \text{ mm}}{76 \times 1000}) - 3.298$$

$$G = 11,2007$$

Berdasarkan ASTM E-112  $G = 11,2007$  menjadi *Grain Size Number*  $G = 11$  maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah  $\bar{d} = 0.0079$



### 3. Temperatur 850°C



Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis

$N = 60$

maka hasil dari nilai  $G$  adalah :

$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500 \text{ mm}}{60 \times 1000}) - 3.298$$

$$G = 10,519$$

Berdasarkan ASTM E-112  $G = 10,519$  menjadi *Grain*

*Size Number*  $G = 10,5$  maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah  $\bar{d} = 0.0094$



#### 4. Temperatur 900°C



Diketahui jumlah titik potong batas butir yg terkena garis  
 $N = 45$

maka hasil dari nilai  $G$  adalah :

$$G = (-6.645 \log \frac{L_T}{N \times M}) - 3.298$$

$$G = (-6.645 \log \frac{500 \text{ mm}}{45 \times 1000}) - 3.298$$

$$G = 9,6908$$

Berdasarkan ASTM E-112  $G = 9,6908$  menjadi *Grain Size Number*  $G = 9,5$  maka diameter rata-rata yang dimilikinya adalah  $\bar{d} = 0.0133$

*Lampiran 9*  
*Perhitungan Pengujian Impak*

Data hasil pengujian impak

Diketahui : Sudut  $\alpha = 140^\circ$

$$\begin{aligned}W &= m \cdot g \\&= 13.17 \times 9.81 \\&= 129.19 \text{ N} \\R &= 0.45 \text{ m}\end{aligned}$$

- Menggunakan rumus energi :

$$E = W \cdot R \cdot (\cos\beta - \cos\alpha) \text{ Joule}$$

- Menggunakan rumus *Impact Strength* :

$$IS = \frac{W \cdot R \cdot (\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

**1. Data hasil kondisi awal**

Diketahui :  $\beta_1 = 107^\circ$

$$\beta_2 = 108^\circ$$

$$\beta_3 = 107^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_1$  dan  $\beta_3 = 107^\circ$  adalah :

$$E = W \cdot R \cdot (\cos\beta - \cos\alpha) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0.45 \text{ m} \cdot (\cos 107 - \cos 140)$$

$$E = 27,5388 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{27,538 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,3342 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_2 = 108^\circ$  adalah :

$$E = W.R. ( \cos\beta - \cos\alpha ) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45\text{m} \cdot ( \cos 108 - \cos 140 )$$

$$E = 26,5711 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{26,5711 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,3321 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{0,3442 + 0,3321 + 0,3442}{3} \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata - rata IS} = 0,3402 \text{ J/mm}^2$$

## 2. Data hasil Temperatur 800°C

Diketahui :  $\beta_1 = 136^\circ$

$$\beta_2 = 134^\circ$$

$$\beta_3 = 136^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_1$  dan  $\beta_3 = 136^\circ$

adalah :

$$E = W.R. ( \cos\beta - \cos\alpha ) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45\text{m} \cdot ( \cos 136 - \cos 140 )$$

$$E = 2,7154 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{2,7154 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0339 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_2 = 134^\circ$  adalah :

$$E = W.R. (\cos\beta - \cos\alpha) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot (\cos 134 - \cos 140)$$

$$E = 4,1503 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{4,1503 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0519 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{0,0339 + 0,0519 + 0,0339}{3} \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata - rata IS} = 0,0399 \text{ J/mm}^2$$

### 3. Data hasil Temperatur 850°C

Diketahui :  $\beta_1 = 132^\circ$

$$\beta_2 = 135^\circ$$

$$\beta_3 = 132^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_1$  dan  $\beta_3 = 132^\circ$  adalah :

$$E = W.R. (\cos\beta - \cos\alpha) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot (\cos 132 - \cos 140)$$

$$E = 5,6345 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{5,6345 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0704 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_2 = 135^\circ$  adalah :

$$E = W.R. ( \cos\beta - \cos\alpha ) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot ( \cos 135 - \cos 140 )$$

$$E = 3,4266 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{3,4266 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0428 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$\text{Rata - rata IS} = \frac{0,0704 + 0,0428 + 0,0704}{3} \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata - rata IS} = 0,0612 \text{ J/mm}^2$$

#### 4. Data hasil Temperatur 900°C

Diketahui :  $\beta_1 = 133^\circ$

$$\beta_2 = 134^\circ$$

$$\beta_3 = 131^\circ$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_1 = 133^\circ$  adalah :

$$E = W.R. ( \cos\beta - \cos\alpha ) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot ( \cos 133 - \cos 140 )$$

$$E = 4,8863 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{4,8863 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0611 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_2 = 134^\circ$  adalah :

$$E = W.R. ( \cos\beta - \cos\alpha ) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot ( \cos 134 - \cos 140 )$$

$$E = 4,1503 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{4,1503 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0519 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai E dan IS pada  $\beta_3 = 131^\circ$  adalah :

$$E = W.R. ( \cos\beta - \cos\alpha ) \text{ Joule}$$

$$E = 129,19 \text{ N} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot ( \cos 131 - \cos 140 )$$

$$E = 6,3944 \text{ Joule}$$

$$IS = \frac{E}{A} \text{ Joule/mm}^2$$

$$IS = \frac{6,3944 \text{ Joule}}{80 \text{ mm}^2} = 0,0799 \text{ J/mm}^2$$

maka diperoleh nilai rata-rata IS adalah:

$$Rata - rata IS = \frac{IS_1 + IS_2 + IS_3}{3}$$

$$Rata - rata IS = \frac{0,0611 + 0,0519 + 0,0799}{3} J/mm^2$$

$$Rata - rata IS = 0.0643 J/mm^2$$

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 09 Juni 1996 di Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN 02 Kiping, SMPN 1 Gondang, dan SMAN 1 Gondang. Setelah itu penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi D3 Teknik Mesin dan mengambil bidang studi Manufaktur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT. CNC Controller Indonesia. Selama masa pendidikan di perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan himpunan D3 Teknik Mesin di BSO BENGKEL HMDM dengan menjabat sebagai Bendahara periode 2015/2016, selain itu penulis juga aktif di BEM FTI-ITS sebagai Staff Departemen Sosial Masyarakat periode 2015/2016. Pada tahun selanjutnya penulis aktif sebagai kabinet BEM FTI-ITS menjabat sebagai Bendahara periode 2016/2017. Dan pada tahun 2017 penulis aktif di Pemandu LKMM TM ITS 2017 sebagai Fasilitator Ekspresi. Selain itu banyak event dan pelatihan yang diikuti selama menjadi mahasiswa aktif di lingkungan ITS yaitu pelatihan LKMM Pra TD, LKMM TD, LKMM TM, LKMM TL, LOT 1 BEM FTI, LOT 2 BEM FTI dan PP LKMM. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail: [ismah.fawaiz.if@gmail.com](mailto:ismah.fawaiz.if@gmail.com)